

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERA CIVIL

TEMA:
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CINCO PLANTAS CON
ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO DISIPADORES SÍSMICOS SLB.

AUTOR:
ADRIANA SOLEDAD MENA RAMÍREZ

TUTOR:
GUERRERO CUASAPAZ DAVID PATRICIO

Quito, agosto del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Adriana Soledad Mena Ramírez con documento de identificación N° 1720119385 manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado/titulación intitulado: “DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CINCO PLANTAS CON ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO DISIPADORES SÍSMICOS SLB ”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: : INGENIERA CIVIL, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Adriana Soledad Mena Ramírez

Cédula: 1720119385

Quito, agosto de 2019

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, con el tema: DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE CINCO PLANTAS CON ESTRUCTURA METÁLICA, UTILIZANDO DISIPADORES SÍSMICOS SLB”, realizado por Adriana Soledad Mena Ramírez, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, agosto de 2019



.....
David Patricio Guerrero Cuasapaz

Cédula: 1715215974

DEDICATORIA

A todas aquellas personas que siempre me apoyaron y confiaron en mí, que con su amor y paciencia me mantuvieron en pie.

Doy gracias a mis amigas las brujas por brindarme su amistad, a mi familia por ser pacientes y en especial a la Familia Mora Martínez por acogerme en el seno de su hogar y considerarme una hija más.

A Santiago, David y Elizabeth por darme su cariño desinteresado y especialmente a Camilo el gran amor de mi vida por nunca dejarme desfallecer y regalarme el mayor regalo que podría tener que es Javier mi amado hijo.

INDICE

CAPITULO I.....	1
ANTECEDENTES Y GENERALIDADES	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Antecedentes	2
1.4. Aspectos Generales Del Proyecto	3
1.4.1. Nombre Del Proyecto	3
1.4.2. Localización	3
1.5. Uso de la Estructura	3
CAPITULO II	5
DISIPADORES SÍSMICOS	5
2.1. Tipos de disipadores sísmicos.....	5
2.1.1. Disipadores Histeréticos	5
2.1.2. Disipadores por Fluencia	5
2.1.3. Disipadores Friccionales.....	10
2.1.4. Disipadores Viscoelásticos	13
2.1.5. Disipadores Viscoelásticos Sólidos	13
2.1.6. Disipadores Viscoelásticos de Fluidos	14
2.2. Cálculo de parámetros en su configuración	15
2.2.1. Descripción de los Disipadores SLB (Shear-Link Bozzo)	15
2.2.2. Análisis Numérico	16
2.3. Ventajas del Dispositivo	17
2.4. Proveedores nacionales e internacionales de disipadores sísmicos.	18
2.4.1. Proveedores Nacionales	18
2.4.2. Proveedores Internacionales	18
2.5. Características de los disipadores	19
2.5.1. Tabla de Diseño Shear Link Bozzo	19
2.5.2. Conexión Peine + SLB	23
2.5.3. Propuestas de ubicación de Disipadores sísmicos en Edificios	23
2.6. Selección del tipo de disipador a utilizarse.....	24
2.7. Costos.....	24
CAPITULO III	25
DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	25
3.1. Generalidades de la estructura	25

3.2.	Cargas	27
3.3.	Combinaciones de cargas.....	49
3.4.	Tipo de estructura	50
3.5.	Materiales.....	51
3.6.	Normas y códigos	52
3.7.	Ventajas y Desventajas del Acero Estructural	53
3.8.	Predimensionamiento de elementos estructurales	54
3.8.1.	Predimensionamiento de losa	54
3.8.2.	Predimensionamiento de vigas	56
3.8.2.1.	Determinación de Mosaico de Cargas para Vigas Principales y Secundarias	56
3.3.2.1.	Predimensionamiento de Vigas Principales	58
3.3.2.2.	Predimensionamiento de Vigas Secundarias	62
3.3.2.3.	Predimensionamiento de Viguetas	64
3.3.3.	Predimensionamiento de columnas	65
3.3.4.	Modelación de la Estructura en el Programa Etabs	66
3.3.4.1.	Creación del Modelo en Etabs	67
3.3.4.2.	Diseño de Elementos Estructurales en Etabs.	83
3.4.	Evaluación de Fuerzas sísmicas.....	85
3.4.1.	Evaluación de Fuerzas sísmicas estáticas	85
3.4.2.	Evaluación de Fuerzas sísmicas dinámicas.....	85
3.5.	Cargas Reactivas por sismo W.....	87
3.6.	Deflexiones y desplazamientos	89
3.6.1.	Reacciones Horizontales en la Base del Edificio en Estructura Convencional.....	89
3.6.2.	Control de Derivas de Piso.....	92
3.7.	Corrección del Cortante Basal Estático y Dinámico.....	93
3.8.	Cortes y momentos.....	96
3.9.	Revisión de Periodos	109
3.10.	Predimensionamiento de los dispositivos de disipación sísmica.....	110
3.10.1.	Asignación de Parámetros de disipadores al modelos Etabs.	113
3.10.2.	Dibujo del dispositivo SLB.....	116
3.11.	Diseño de los elementos estructurales	117
3.12.	Diseño Definitivo de la estructura	146
CAPITULO IV.....		168
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		168
4.1.	Conclusiones.....	168
4.2.	Recomendaciones	171

4.3. Referencias Bibliográficas	172
---------------------------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Parámetros de diseño de Disipadores SLB (Shear Link Bozzo).....	22
Tabla 3.1 Distancias entre ejes.....	27
Tabla 3.2 Cargas Muertas utilizadas en la Estructura	28
Tabla 3.3 Detalle de Cargas Muertas en cada planta.	28
Tabla 3.4 Cargas Muertas	30
Tabla 3.5 Cargas Uniformes y Concentradas Estandarizadas.....	31
Tabla 3.6 Cuadro de Cargas Vivas.....	32
Tabla 3.7 Cuadro de resumen de cargas totales	32
Tabla 3.8 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	33
Tabla 3.9 Clasificación de Perfiles de Suelo.....	34
Tabla 3.10 Tipos de suelo y factores de sitio F_a	35
Tabla 3.11 Tipos de suelo y factores de sitio F_d	35
Tabla 3.12 Tipos de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s	36
Tabla 3.13 Tipo de uso, destino e importancia	37
Tabla 3.14 Tipos de Estructura para al periodo de vibración	39
Tabla 3.15 Coeficiente k	41
Tabla 3.16 Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles	42
Tabla 3.17 Coeficiente de irregularidad en planta	43
Tabla 3.18 Coeficiente de irregularidad en elevación.....	44
Tabla 3.19 Cuadro Resumen del Cortante Basal	45
Tabla 3.20 Valores de derivas máximas.	46
Tabla 3.21 Esquema de Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico para estructura convencional	47
Tabla 3.22 Distribución de Fuerzas Sísmicas	49
Tabla 3.23 Espesores de losa deck.....	55
Tabla 3.24 Máximas relaciones Ancho - Espesor.....	58
Tabla 3.25 Predimensionamiento de Vigas Principales.....	60
Tabla 3.26 Predimensionamiento de Vigas Principales de acuerdo al módulo de sección.....	60
Tabla 3.27 Predimensionamiento de Vigas Secundarias	62
Tabla 3.28 Predimensionamiento de Vigas secundarias de acuerdo al módulo de sección.....	63
Tabla 3.29 Determinación del Número de Viguetas	64
Tabla 3.30 Predimensionamiento de Viguetas.....	65
Tabla 3.31 Predimensionamiento de Viguetas de acuerdo al módulo de sección.	65
Tabla 3.32. Cargas de entrepiso adicionales.	80

Tabla 3.33. Carga reactiva, fuerzas gravitacionales y fuerzas sísmicas en estructura convencional.	88
Tabla 3.34. Coeficiente sísmico y sumatoria de fuerzas gravitacionales en estructura convencional.	88
Tabla 3.35. Fuerzas Laterales en estructura convencional.....	89
Tabla 3.36. Reacciones Horizontales en la Base del Edificio Sismo en X en modelo convencional	90
Tabla 3.37. Reacciones Horizontales en la Base del Edificio Sismo en Y en modelo convencional	91
Tabla 3.38. Derivas de Piso en Sismo en X, modelo convencional.....	92
Tabla 3.39. Derivas de Piso en Sismo en Y, modelo convencional.....	93
Tabla 3.40. Fuerzas Cortantes en modelo convencional antes de la corrección del Cortante del Cortante Basal Estático y Dinámico.....	94
Tabla 3.41. Fuerzas Cortantes en modelo convencional después de la corrección del Cortante del Cortante Basal Estático y Dinámico.....	95
Tabla 3.42. Verificación demanda/capacidad en muros de corte.....	95
Tabla 3.43. Cuadro resumen de cortes y momentos para modelo tradicional.	108
Tabla 3.44 Periodos modelo Convencional.	109
Tabla 3.45. Cuadro Resumen del Cortante Basal para Estructura con disipadores.	118
Tabla 3.46. Esquema de Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico para estructura con disipadores sísmicos.....	119
Tabla 3.46. CONTINUACION	120
Tabla 3.47 Distribución de Fuerzas Sísmicas con disipadores sísmicos.	122
Tabla 3.48. Carga reactiva, fuerzas gravitacionales y fuerzas sísmicas con disipadores sísmicos.....	122
Tabla 3.49. Coeficiente sísmico y sumatoria de fuerzas gravitacionales en modelo con dispositivo.	123
Tabla 3.50 Fuerzas Laterales con disipadores sísmicos.....	123
Tabla 3.51. Reacciones Horizontales en la Base del Edificio Sismo en X en modelo con disipadores.....	124
Tabla 3.52. Reacciones Horizontales en la Base del Edificio Sismo en Y en modelo con disipadores.....	125
Tabla 3.53. Derivas de Piso en Sismo en X, en modelo con disipadores.	127
Tabla 3.54. Derivas de Piso en Sismo en Y, en modelo con disipadores	127
Tabla 3.55. Fuerzas Cortantes en modelo con disipadores antes de la corrección del Cortante del Cortante Basal Estático y Dinámico.....	128
Tabla 3.56. Fuerzas Cortantes en modelo con disipadores después de la corrección del Cortante del Cortante Basal Estático y Dinámico.....	129
Tabla 3.57. Cuadro resumen de cortes y momentos para modelo con disipadores.	141
Tabla 3.58. Periodos modelo con disipadores.....	142

Tabla 3.59. Fuerzas Axiales y Capacidad en elemento Tipo Cajón.....	146
Tabla 3.60. Resumen de secciones de Viguetas.....	148
Tabla 3.61. Resumen de secciones de Vigas Principales y Vigas Secundarias.	149
Tabla 3.62. Resumen de columnas.....	151
Tabla 3.63. Resumen de secciones de Viguetas.....	153
Tabla 3.64. Resumen de secciones de Vigas Principales y Vigas Secundarias con disipadores.	155
Tabla 3.65 Resumen de columnas con disipadores.....	156
Tabla 3.66. Resumen de Pesos de los Elementos de Acero Estructural en modelo convencional.	159
Tabla 3.67. Resumen de Pesos de los Elementos de Acero Estructural con disipadores.	159
Tabla 3.68 Cuadro Comparativo de Pesos de los Elementos Estructurales.....	160
Tabla 3.69 Valores de diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en X.	160
Tabla 3.70. Valores de diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en Y.	162
Tabla 3.71. Valores de diagrama comparativo de Altura vs desplazamientos en el sismo en X.....	163
Tabla 3.72. Valores de diagrama comparativo de Altura vs desplazamientos en el sismo Y	164
Tabla 3.73. Valores de diagrama comparativo de Altura vs derivas de piso en sismo X.....	165
Tabla 3.74 Valores de diagrama comparativo de Altura vs derivas de piso en sismo Y.....	168
Tabla 3.75 Cuadro Comparativo entre Modelo Convencional y disipadores sísmicos.....	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Localización del Proyecto	3
Figura 1.2. Uso de la edificación	4
Figura 2.1. Disipadores Tipo ADAS.....	6
Figura 2.2. Disipadores Tipo TADAS	7
Figura 2.3. Disipador Tipo Honey Comb.....	8
Figura 2.4. Disipador Tipo Unbonded Braces	9
Figura 2.5. Disipador Tipo U	10
Figura 2.6. Conexión SBC (Slotted Bolted Connection)	11
Figura 2.7. Sistema PALL.....	11
Figura 2.8. <i>Sistema EDR</i>	12
Figura 2.9. Dispositivo de fricción por golillas.....	12
Figura 2.10. Disipador Tipo SLB (Shear Link Bozzo)	13
Figura 2.11. Disipadores Viscoelásticos Sólidos	14
Figura 2.12. Disipadores Viscoelástico de Fluido	15
Figura 2.13. Experimental SL30_2 model tested at ISMES, Italy.....	16
Figura 2.14. Tabla de Diseño Shear Link Bozzo	20
Figura 2.15. Conexión.....	23
Figura 3.1. Geometría General de Elevación	25
Figura 3.2. Planta Tipo.....	26
Figura 3.3. <i>Espectro sísmico elástico de aceleraciones</i>	38
Figura 3.4. Diagrama Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico para estructura convencional	48
Figura 3.5. Losa colaborante	54
Figura 3.6. Dimensiones Comerciales	55
Figura 3.7. Mosaico de Cargas en vigas Principales, Secundarias y viguetas	57
Figura 3.8. Dimensiones de Viga.....	61
Figura 3.9. Esquema de Vigas Principales.....	61
Figura 3.10. <i>Esquema de Vigas Secundarias</i>	63
Figura 3.11. Secciones comunes utilizadas en columnas.....	66
Figura 3.12. Selección de unidades.....	67
Figura 3.14. Editar grilla en altura y planta.	68
Figura 3.15. Propiedades de Acero Estructural A-36.	69
Figura 3.16. Propiedades del Concreto $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$	70
Figura 3.17. Definir propiedades de los elementos estructurales.....	70
Figura 3.18. Propiedades de losa deck.	71
Figura 3.19. Selección de Columnas y Vigas.	72
Figura 3.20. Definir patrones de cargas.	73
Figura 3.21. Combinación de Cargas	74
Figura 3.22. Fuentes de masas.	74

Figura 3.23. Implantación de Columnas.	75
Figura 3.24. Implantación de Vigas Principales y secundarias.....	76
Figura 3.25. Implantación de Viguetas.	77
Figura 3.26. Implantación de losas.	77
Figura 3.27. Implantación de muros.	78
Figura 3.28. Asignación de brazo rígido viga columna.	79
Figura 3.29. Creación de mesh en muros.	80
Figura 3.30. Asignación de cargas adicionales	81
Figura 3.31. Asignar restricciones	82
Figura 3.32. Diafragmas - Centro de Masa.	83
Figura 3.33. Iconos de diseño de elementos estructurales.	84
Figura 3.34. Resultado de diseño de Estructura.	85
Figura 3.35. Espectro de Respuesta.	86
Figura 3.36. Incorporación del espectro de respuesta a los patrones de cargas en sismo.....	87
Figura 3.37. Cortes de carga muerta en el eje 4 en Estructura Convencional.....	96
Figura 3.38. Cortes de carga muerta en el eje C en Estructura Convencional.	97
Figura 3.39. Momentos de carga muerta en el eje 4 en Estructura Convencional.	97
Figura 3.40. Momentos de carga muerta en el eje C en Estructura Convencional.....	98
Figura 3.41. Diagrama de Cortes en carga viva para el eje 4 en Estructura Convencional.....	98
Figura 3.42. Diagramas de Cortes de carga viva en el eje C para la Estructura Convencional.....	99
Figura 3.43. Momentos de carga viva en el eje 4 Estructura Convencional.....	100
Figura 3.44. Momentos de carga viva en el eje C Estructura Convencional.....	100
Figura 3.45. Cortes de carga sismo x en el eje 4 Estructura Convencional.....	101
Figura 3.46. Cortes de carga sismo x en el eje C Estructura Convencional.	102
Figura 3.47. Cortes de carga sismo y en el eje 4 Estructura Convencional.	102
Figura 3.48. Cortes de carga sismo y en el eje C Estructura Convencional.	103
Figura 3.49. Diagramas de Momentos de carga sismo x en el eje 4 Estructura Convencional.....	104
Figura 3.50. Diagramas de Momentos de carga sismo x en el eje C Estructura Convencional.....	104
Figura 3.51. Diagramas de Momentos de carga sismo y en el eje 4 Estructura Convencional.....	105
Figura 3.52. Momentos de carga sismo y en eje C en Estructura Convencional.....	105
Figura 3.53. Cortes de envolvente en el eje 4 Estructura Convencional.....	106
Figura 3.54. Cortes de envolvente en el eje C Estructura Convencional.	106
Figura 3.55. Momentos de envolvente en el eje 4 para la Estructura Convencional.....	107
Figura 3.56. Momentos de envolvente en eje C para la Estructura Convencional.	108
Figura 3.57. Placa de 20mm x 300mm	111
Figura 3.58. Diagonales	111
Figura 3.59. Ubicación de disipadores sísmicos en los ejes 1 y 6.	112
Figura 3.60. Ubicación de disipadores sísmicos en los ejes A y E.	113
Figura 3.61. Ingreso de Disipador Sísmico SLB.....	114

Figura 3.62. Propiedades del Disipador Sísmico SLB.....	115
Figura 3.63. Propiedades del dispositivo SLB.....	116
Figura 3.64. Graficación del dispositivo SLB.....	117
Figura 3.65. Diagrama Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico para estructura con Disipadores sísmicos.....	121
Figura 3.66. Diagramas de Cortes de carga muerta en el eje 4 en Estructura con disipador.....	130
Figura 3.67. Diagramas de Cortes de carga muerta en el eje C en Estructura con disipador.....	130
Figura 3.68. Momentos de carga muerta en el eje 4 en Estructura con disipador.....	131
Figura 3.69. Momentos de carga muerta en el eje C en Estructura con disipador.....	132
Figura 3.70. Cortes de carga viva en el eje 4 en Estructura con disipador	132
Figura 3.71. Cortes de carga viva en el eje C en Estructura con disipador.....	133
Figura 3.72. Diagramas de Momentos de carga viva en el eje 4 en Estructura con disipador.....	133
Figura 3.73. Diagramas de Momentos de carga viva en el eje C en Estructura con disipador.....	134
FIGURA 3.74. Diagramas de Cortes de carga sismo x en el eje 4 en Estructura con disipador.....	134
Figura 3.75. Diagramas de Cortes de carga sismo x en el eje C en Estructura con disipador.....	135
Figura 3.76. Diagramas de Cortes de carga sismo y en el eje 4 en Estructura con disipador.....	135
Figura 3.77. Diagramas de Cortes de carga sismo y en el eje C en Estructura con disipador.....	136
Figura 3.78. Diagramas de Momentos de carga sismo x en el eje 4, Estructura con disipador.....	137
Figura 3.79. Diagramas de Momentos de carga sismo x en el eje C, Estructura con disipador.....	137
Figura 3.80. Diagramas de Momentos de carga sismo y en el eje 4, Estructura con disipador.....	138
Figura 3.81. Momentos de carga sismo y en el eje C Estructura con disipador.....	139
Figura 3.82. Diagramas de Cortes de envolvente en el eje, Estructura con disipador.....	139
Figura 3.83. Diagramas de Cortes de envolvente en el eje C en Estructura con disipador.....	140
Figura 3.84. Diagramas de Momentos de envolvente en el eje 4 en Estructura con disipador.....	140
Figura 3.85. Diagramas Momentos de envolvente en el eje C en Estructura con disipador.....	141
Figura 3.86. Secciones de diagonal tipo cajón.....	144
Figura 3.87. Secciones definitivas de viguetas	147
Figura 3.88. Secciones definitivas de vigas principales y secundarias.	149
Figura 3.89. Secciones definitivas en columnas.	150
Figura 3.90. Secciones definitivas de viguetas con dispositivo.....	152
Figura 3.91. Secciones definitivas de vigas principales y secundarias con disipadores.	154

Figura 3.92. Secciones definitivas en columnas con disipadores.	156
Figura 3.93. Secciones de Chevron.....	157
Figura 3.94. Detalle de Disipador sísmico	158
Figura 3.95. Diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en X.....	161
Figura 3.96. Diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en Y.....	162
Figura 3.97. Diagrama comparativo de Altura vs Desplazamiento sismo X.....	163
Figura 3.98. Diagrama comparativo de Altura vs Desplazamiento sismo Y.....	164
Figura 3.99. Diagrama comparativo de Altura vs Derivas de pisos sismo X.	165
Figura 3.100. Diagrama comparativo de Altura vs Derivas de pisos sismo Y.	166

RESUMEN

El presente proyecto técnico se basa en conocer el comportamiento de una Estructura de cinco planta utilizando disipadores de Energía Sísmica SLB (Shear Link Bozzo) patentados por el Ingeniero Peruano Luis Bozzo.

Los disipadores sísmicos SLB, son elementos que dan ciertas ventajas a la estructura permitiendo la disminución del peso sin afectar otras características importantes de la estructura como es la ductilidad.

Estos disipadores sísmicos son de fácil adaptación tanto en la construcción de un edificio como en el proceso de modelado.

En el análisis se desarrolló dos modelos en Etabs, uno de forma convencional y otro con la utilización de los Disipadores Sísmicos SLB, para conocer el comportamiento de los mismos, aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC - SE- DS.

.

Palabras Clave: Disipadores Sísmicos, Ductilidad

ABSTRACT

This technical Project is based on knowing the behavior of a 5 story Structure using SLB (Shear Link Bozzo) seismic energy dissipators patented by Peruvian engineer Luis Bozzo.

The SLB seismic dissipators, are elements that give certain advantages to the structure allowing the reduction of weight without affecting other important characteristics of the structure such as ductility.

These seismic dissipators are easily adaptable both in the construction of a building and in the modeling process.

In the analysis, two models were developed in Etabs, one in a conventional way and the other with the using of the SLB Seismic Dissipators, to know their behavior, applying the Ecuadorian Construction Standard NEC-SE-DS.

Keywords: Seismic Dissipators, Ductility

CAPITULO I

1. Antecedentes Y Generalidades

1.1. Introducción

Las estructuras siempre van a estar sometidas a fuerzas vibratorias debido a los movimientos internos de las placas tectónicas, obligando a los ingenieros civiles a reforzar las edificaciones con elementos capaces de disipar o absorber las energías producidas por los sismos, es por esto que se han desarrollado los aisladores y disipadores sísmicos.

La función de los disipadores sísmicos es absorber la energía, evitando sobreesfuerzos de los elementos estructurales y el colapso del edificio, para lo cual se han elaborado diferentes tipos de disipadores. En este proyecto, la estructura considerada se diseñará con los disipadores SLB (Shear Link Bozzo) patentados por el peruano Luis Bozzo.

Esta tecnología es relativamente nueva para nuestro país, sin embargo los disipadores sísmicos SLB ya han sido utilizados en otros países de Centroamérica y Sudamérica tales como Chile, Perú y México, entre otros

Los disipadores S.L.B. fueron utilizados por primera vez en el vecino país del Perú en el año 2003 luego de varios estudios y ensayos de laboratorio cuyo objetivo principal es dotar de ductilidad al nudo estructural y mejorar la resistencia sísmica de los elementos estructurales.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Conocer el comportamiento en una estructura convencional de cinco plantas, al incorporar disipadores sísmicos S.L.B. (Shear Link Bozzo), aplicando normativas técnicas NEC15, AISC-360-10 y ASCE 7-10.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar la Modelación de la estructura en estudio en un programa computacional, aplicando la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015.
- Elaborar el diseño estructural sismo resistente del edificio con implementación de disipadores sísmicos SLB.
- Obtener conclusiones a través de los datos obtenidos del presente estudio con la intervención de los disipadores sísmicos.

1.3. Antecedentes

El 16 de abril del 2016, el Ecuador sufrió uno de los peores movimientos sísmicos, el mismo que dejó a su paso destrucción económica y pérdidas humanas. Como consecuencia de esto, la ciudad de Pedernales, además de otras poblaciones, quedaron en ruinas, con lo cual se ha demostrado la fragilidad de las edificaciones construidas en nuestro entorno debido a que estamos ubicados sobre grandes fallas tectónicas. Estos fenómenos han permitido el desarrollo de tecnologías relativamente nuevas para nuestro país que permitirán la evolución de las estructuras urbanas, mediante el diseño de edificaciones con elementos que mejorarán el comportamiento de las estructuras frente a fenómenos sísmicos, utilizando aisladores y/o disipadores sísmicos.

Los disipadores sísmicos contribuyen en la ductilidad de la estructura frente a movimientos sísmicos y como se ha mencionado anteriormente, en este proyecto se analizará el comportamiento de la estructura con disipadores SLB (Shear Link Bozzo).

1.4. Aspectos Generales Del Proyecto

1.4.1. Nombre Del Proyecto

Residencia Ing. Rene Avelino Correa Proaño

1.4.2. Localización

El proyecto se desarrollará en la calle Eloy Alfaro y Alonso Chávez Jara, Barrio Santa Rosa, en la Parroquia de Cumbaya en el Cantón Quito, tal como se indica en la Figura 1.1.

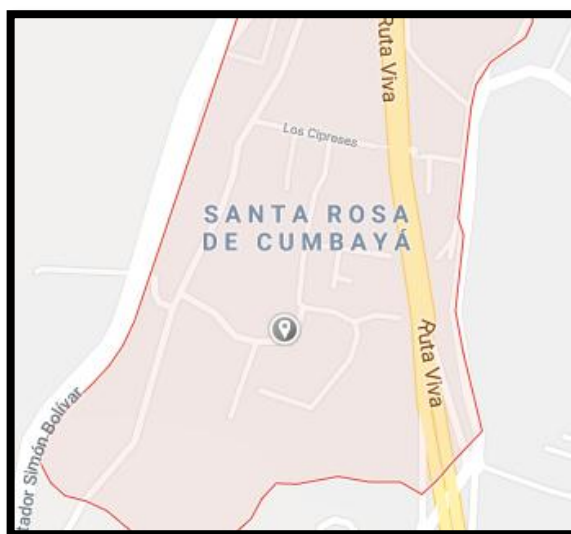


Figura 1.1. Localización del Proyecto

Elaborado por: Adriana Mena

1.5. Uso de la Estructura

La estructura consta de cinco plantas de geometría rectangular con volados a cada lado de la edificación y un ascensor ubicado en la parte central del área de

construcción, tiene una superficie de 550 m² y se utilizará una estructura metálica (Acero estructural), cuyo uso se describe a continuación en la Figura 1.2.

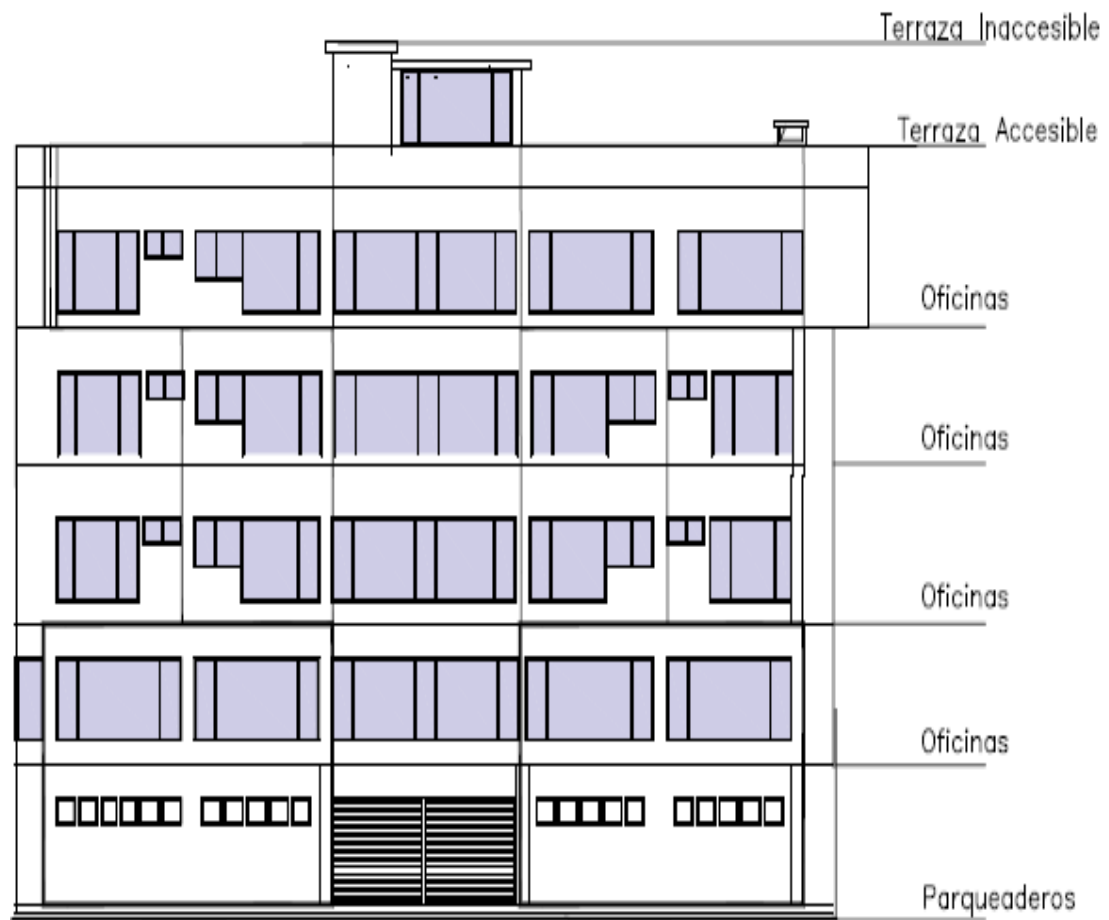


Figura 1.2. Uso de la edificación

Elaborado por: Adriana Mena

CAPITULO II

2. Disipadores Sísmicos

Los disipadores sísmicos son sistemas ubicados en la superestructura del edificio que trabajan como elementos de amortiguamiento y absorción del exceso de energía que se accionan durante movimientos sísmicos, permitiendo así que los elementos principales de la estructura no sufran daños severos.

Este tipo de sistemas son una buena opción cuando no se pueden utilizar aisladores sísmicos como es el caso de los suelos blandos.

2.1. Tipos de disipadores sísmicos

Estos elementos son de carácter reactivo que dependen de las condiciones de trabajo a las cuales son sometidas, estos elementos intervienen en las propiedades dinámicas de la estructura dando una mayor capacidad de pérdida de energía de los elementos estructurales a los movimientos sísmicos, proporcionando una gran ventaja económica.

Existe una gran variedad de dispositivos de disipación sísmica dependiendo del tipo de operación y su forma.

2.1.1. Disipadores Histeréticos

Estos elementos actúan a través de desplazamientos de entrepiso de la estructura y pueden ser por fricción y fluencia (viscosos).

2.1.2. Disipadores por Fluencia

Los dispositivos por fluencia reducen el exceso de energía introduciendo comportamientos inelásticos en el metal mediante ciclos de deformación inelástica por flexión, corte, torsión.

Estos elementos funcionan de forma elástica para resistir cargas laterales provocadas por movimientos sísmicos de moderada magnitud y se comportan de manera inelástica en caso de magnitudes intensas. Estos disipadores proporcionan ciclos Histeréticos durante el sismo lo cual es una manera efectiva de disipar el exceso de energía acumulada en la estructura.

Disipadores ADAS (Added Caming Stiffness)

Estos disipadores están formados por una serie de chapas paralelas, con espesores constantes y secciones variables en forma de x, estos dispositivos frontalmente son similares a dos trapecios unidos por la base menor. El número frontal de chapas en paralelo resulta variable, dándole la posibilidad al disipador de acoplarse a las necesidades de la estructura a la cual va a ser incorporada. Las placas del dispositivo se encuentran imposibilitadas de giros en sus extremos, de tal forma que un desplazamiento relativo entre estos en dirección perpendicular al plano de la placa provoca una distribución de momentos flectores lineales, simétricos y de doble curvatura como se muestra en la Figura 2.1.

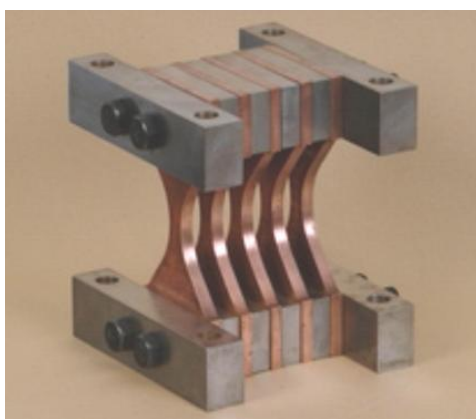


Figura 2.1. Disipadores Tipo ADAS

Fuente: (Dr. Villareal & M. Sc. Oviedo Sarmiento, 2009) Evaluación y Comparación del reforzamiento, mediante la utilización de los disipadores de Energía Tipo shear Link, respecto a una reforzamiento con muros de corte.

Disipadores Tipo TADAS (Triangular Added Damping And Stiffness)

Al igual que los disipadores ADAS, estos elementos están formados por un conjunto de placas paralelas trapezoidales de espesor constante, pero, un extremo es empotrado y el otro es articulado, lo cual permite la distribución global de la plastificación, la base menor del disipador se conecta a la viga con un empotramiento móvil, en tanto que el otro extremo se articula con una unión a dos contravientos dirigidos a la base de los pilares del pórtico, obteniendo un movimiento vertical a los lados de los agujeros ovalados de la placa y permitiendo disipar el exceso de energía como indica en la Figura 2.2.

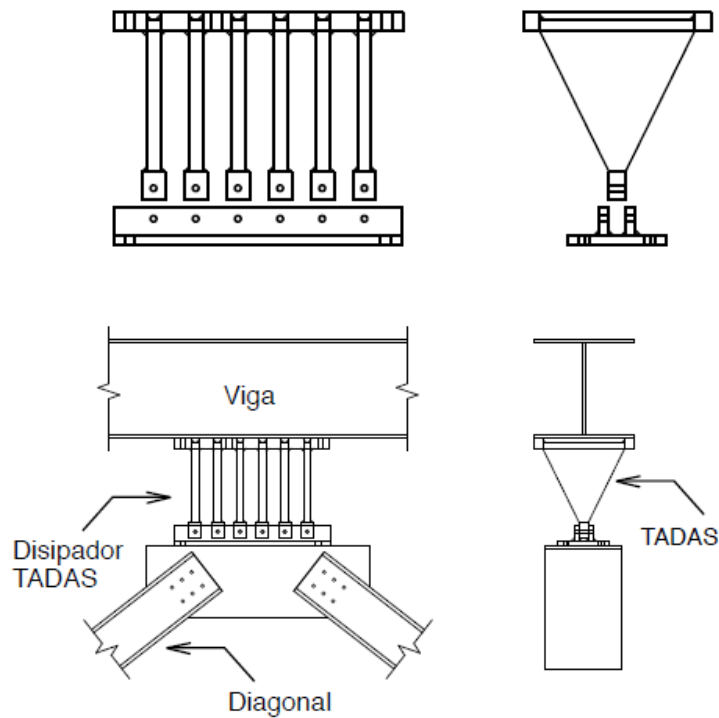


Figura 2.2. Disipadores Tipo TADAS

Fuente: (Dr. Villareal & M. Sc. Oviedo Sarmiento, 2009) Evaluación y Comparación del reforzamiento, mediante la utilización de los disipadores de Energía Tipo shear Link, respecto a una reforzamiento con muros de corte.

Disipadores Honey Comb

Este sistema es conocido con el nombre “Tipo Panal” debido a los espacios vacíos que deja entre disipadores, estos elementos tienen un comportamiento Histerético muy estable, son de forma casi rectangular además son más flexibles que los disipadores anteriores debido a su geometría que tiene como objeto una plastificación uniforme en la zona disipativa, como se muestra en la Figura 2.3.



Figura 2.3. Disipador Tipo Honey Comb

Fuente: (Dr. Villareal & M. Sc. Oviedo Sarmiento, 2009) Evaluación y Comparación del reforzamiento, mediante la utilización de los disipadores de Energía Tipo shear Link, respecto a una reforzamiento con muros de corte.

Disipadores Unbonded Braces

Este sistema consta de una diagonal de acero que fluye dentro de una sección de hormigón que la confina. Su objetivo es evitar el pandeo de Euler cuando el elemento de acero fluye en compresión como se representa en la Figura 2.4.



Figura 2.4. Disipador Tipo Unbonded Braces

Fuente: (Dr. Villareal & M. Sc. Oviedo Sarmiento, 2009) Evaluación y Comparación del reforzamiento, mediante la utilización de los disipadores de Energía Tipo shear Link, respecto a una reforzamiento con muros de corte.

Disipadores Tipo U.

Estos elementos también son conocidos como Tipo Soleras debido a que están fabricados con una solera de acero comercial, estos disipadores están conformados por dos placas en forma de U con una sección de 1,3 cm de espesor por 3,8 cm. Estas placas están unidas entre sí. El desplazamiento producido por la energía sísmica es parecido al movimiento de las orugas de un tractor dando como resultado la disipación del exceso de energía como se indica en la Figura 2.5.

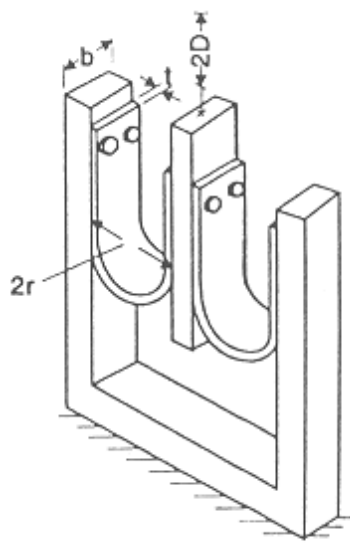


Figura 2.5. Disipador Tipo U

Fuente: (Dr. Villareal & M. Sc. Oviedo Sarmiento, 2009) Evaluación y Comparación del reforzamiento, mediante la utilización de los disipadores de Energía Tipo shear Link, respecto a una reforzamiento con muros de corte.

2.1.3. Disipadores Friccionales.

Estos elementos tienen como objetivo principal disipar la energía a través de la fricción entre dos metales, esta fuerza de fricción es igual al producto de fuerzas normales por un coeficiente de rozamiento.

Existe gran variedad de dispositivos y vamos a detallar a continuación los más importantes.

Conexión SBC (Slotted Bolted Connection)

“Este elemento es relativamente sencillo y está formado por dos placas de acero paralelas conectadas entre sí a través de láminas de bronce y pernos de alta resistencia. El deslizamiento entre las placas se produce a través de orificios ovalados”. (Disipadores de Energía – Trujillo Ortiz Jhonet, Requena Marcelo James Kennedy, pag. 11).

La conexión SBC se muestra en la Figura 2.6.

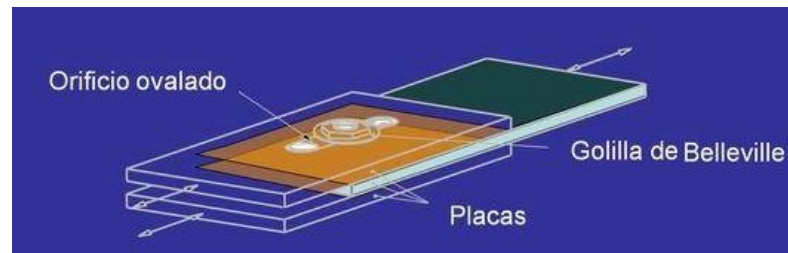


Figura 2.6. Conexión SBC (Slotted Bolted Connection)

Fuente: Disipadores de Energía (Trujillo Ortiz & James Kennedy, 2014)

Sistema PALL

“Este sistema emplea la deformación relativa de entrepiso y la deformación angular del paralelogramo central como medio de eliminación de energía”. Disipadores de Energía (Trujillo Ortiz & James Kennedy, 2014, pág. 11)

Este sistema puede ser observado en la Figura 2.7.



Figura 2.7. Sistema PALL

Fuente: (Dr. Villareal & M. Sc. Oviedo Sarmiento, 2009) Evaluación y Comparación del reforzamiento, mediante la utilización de los disipadores de Energía Tipo shear Link, respecto a una reforzamiento con muros de corte.

Sistema EDR (Energy Dissipating Restraint)

Este sistema dispone de resortes pretensados y topes para lograr un comportamiento de gran capacidad de disipación como se indica en la Figura 2.8.

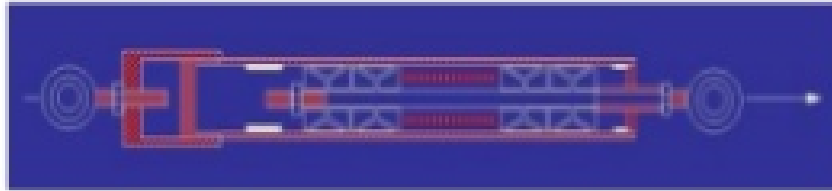


Figura 2.8. *Sistema EDR*

Fuente: (Ing. IBurgos Namuche, 2015) Disipación De Energía Sísmica Para Diseño Estructural

Dispositivo de fricción por golillas

En este sistema, la disipación se realiza a través de fricción producto del giro relativo entre placas como se observa en la Figura 2.9.



Figura 2.9. Dispositivo de fricción por golillas

Fuente: (Ing. IBurgos Namuche, 2015) Disipación De Energía Sísmica Para Diseño Estructural

Disipadores SLB (Shear Link Bozzo)

Estos elementos están fabricados en acero con la forma de un perfil metálico vertical y rigidizadores horizontales, estos dispositivos centralizan las demandas de ductilidades en conexiones fabricadas industrialmente y con propiedades mecánicas

definidas de modo que se pueda controlar la ubicación de la falla, como se muestra en la Figura 2.10.

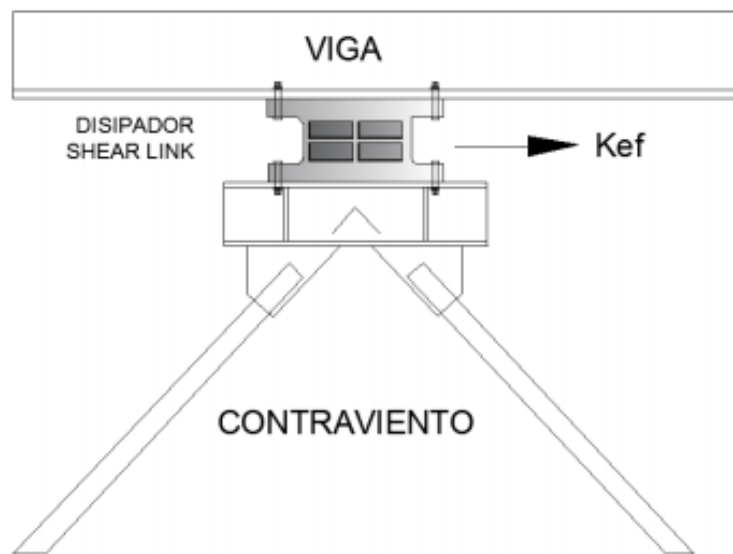


Figura 2.10. Disipador Tipo SLB (Shear Link Bozzo)

Fuente: (AGUIAR FALCONI, 2016) Análisis y Diseño Utilizando Disipadores Sísmicos Tipo SLB. Perú, México, España.

2.1.4. Disipadores Viscoelásticos

Estos sistemas tienen como objetivo fundamental mover un elemento a través de un material viscoelástico, generando fuerzas que se oponen al movimiento del elemento con una magnitud proporcional a la velocidad. Estos disipadores pueden ser Viscoelásticos sólidos o fluidos.

2.1.5. Disipadores Viscoelásticos Sólidos

Estos elementos se crearon inicialmente para industria aeroespacial.

Los materiales Viscoelásticos sólidos, empleados en estructuras, son usualmente copolímeros o sustancias vidriosas que disipan energía cuando están sujetas a

deformación por corte. Un disipador viscoelástico típico (VE) consiste en capas viscoelásticas entre platos de acero.

Cuando son mostradas en una estructura, la deformación por corte y por consiguiente la disipación de energía ocurre cuando la vibración estructural induce el movimiento relativo entre las láminas de acero exterior y el plato central como se presenta en la Figura 2.11.

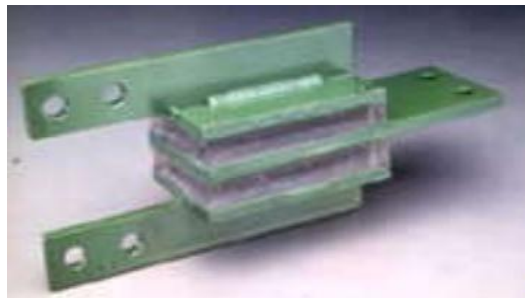


Figura 2.11. Disipadores Viscoelásticos Sólidos

Fuente: (Aisladores y disipadores sísmicos - Estructurando, 2014)

2.1.6. Disipadores Viscoelásticos de Fluidos

Utilizan la acción de sólidos para mejorar el desempeño de la estructura a diversas acciones externas. Por otra parte, los fluidos también pueden ser efectivamente empleados para obtener el nivel deseado de control pasivo. Un esfuerzo significativo ha sido orientado recientemente al desarrollo de los disipadores de fluido viscoso para aplicaciones estructurales, primeramente hacia la conversión de la tecnología para la milicia y la industria pesada.

La disipación de energía ocurre vía conversión de la energía mecánica al calor relacionado a la deformación del pistón y a la sustancia altamente viscosa similar a un gel de silicona, como se puede observar en la Figura 2.12.

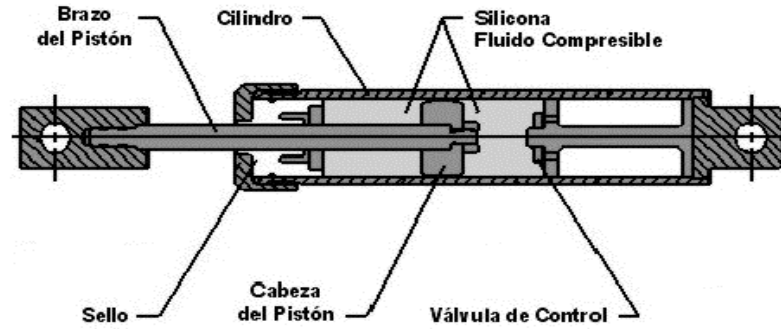


Figura 2.12. Disipadores Viscoelástico de Fluido

Fuente: (Aisladores y disipadores sísmicos - Estructurando, 2014)

2.2. Cálculo de parámetros en su configuración

2.2.1. Descripción de los Disipadores SLB (Shear-Link Bozzo)

Estos disipadores son fabricados en el Perú por la empresa Postensa SAC, disipadores de tercera generación, compactos y de mayor capacidad de disipación y flexibilidad a rotura los cuales incluyen capas de neoprenos para su mejor protección. Este dispositivo se basa en un sistema estructural de abrazaderas excéntricas ya que la forma general es una sección de brida ancha bien rígida.

Sin embargo, el sistema no se basa en formas estándar o especialmente soldadas. En cambio, el dispositivo se muele desde una forma estándar plana. Este proceso de fabricación propuesto por Cahís (2000) permite tener áreas disipadoras muy delgadas sin soldadura. Por otro lado, como en los aparatos ortopédicos excéntricos, la disipación de energía es uniforme en toda la sección, y es muy estable siempre que se evite el pandeo de la banda. Otra característica importante del disipador SLB es que presenta un trabajo de doble modo. Inicialmente, la energía se disipa principalmente en la banda mediante esfuerzos de cizallamiento uniformes en un "modo de cizallamiento". Después de que la red se degrada, los refuerzos continúan disipando energía en un "modo de flexión". La forma desviada cambia significativamente entre

esos modos de uno lineal a uno curvo. La importancia de esta característica es que proporciona un sistema robusto que continúa disipando energía incluso después de que la red se degrada. Aunque el diseño de la conexión solo cuenta con el primer modo de trabajo, el segundo proporciona un factor de seguridad adicional, se puede observar el dispositivo en la Figura 2.13.

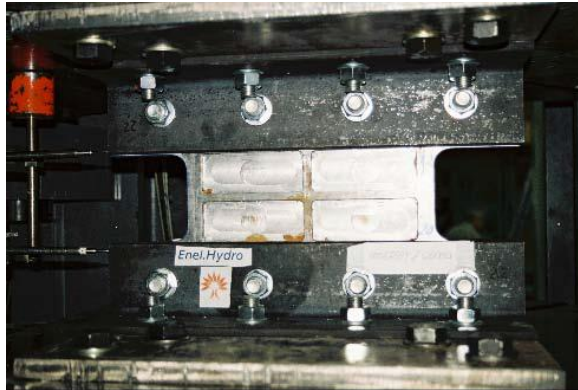


Figura 2.13. Experimental SL30_2 model tested at ISMES, Italy

Fuente: (Ing. Bozzo, Disipadores Sismicos, Casos de Estudio, 2018)

2.2.2. Análisis Numérico

Las conexiones SLB han tenido cuatro etapas diferenciadas de desarrollo desde el año 1995. En la primera etapa se realizaron análisis puramente numéricos para determinar la eficiencia de dispositivos basados en la ductilidad. Posteriormente entre los años 1997 y 2000 se desarrolló un primer dispositivo pequeño para la protección de muros con el aporte de X. Cahis de usar el fresado o mecanizado para generar planos de menor rigidez (Cahis et all 2000). Este dispositivo de dimensiones de aproximadamente 200mm x 250mm plastificaba a decimas de mm bajo fuerzas de solo 10kN y transfería un máximo de 40kN. Se ideó para la protección de muros de poca resistencia y de allí sus valores tan bajos de fuerza de inicio de plastificación. Este primer dispositivo se ensayó en la mesa vibratoria del laboratorio de ISMES (Italia) y demostró con mucho éxito que era posible diseñar estructuras con el nivel

de fuerzas de un sistema flexible pero con el nivel de desplazamientos de un sistema rígido, permitiendo así el ideal sismorresistente.

Hurtado y Bozzo (2008), desarrollaron la segunda generación del dissipador Shear-Link o SLB generalizando el dissipador para muros (primera generación) a un rango variable de fuerzas de plastificación entre 14 y 435 kN. Este dispositivo está fabricado de acero pero tiene la forma de un perfil metálico vertical con rigidizadores horizontales. El ancho varía según cada dispositivo, por ejemplo el SL30_2 tiene un ancho en la zona disipativa de 30cm y un espesor de ventana de 2 mm, el significado de esta nomenclatura será ampliado en el capítulo 2.5 Características de los Disipadores sísmicos. En este trabajo se desarrollaron modelos numéricos con el programa ANSYS y se calibraron sus resultados con los experimentales del dispositivo SL30_2 para posteriormente generar tablas de diseño para 24 dispositivos, los cuales al poder combinarse entre sí proporcionan un enorme rango de valores de diseño. Estos dispositivos se han empleado en numerosos proyectos en países como Perú, México, Ecuador, etc.

2.3. Ventajas del Dispositivo

- El dispositivo es más fácil de modelar en comparación con otros basados en la fricción o la respuesta visco-elástica. Por ejemplo, los dispositivos de fricción se ven afectados significativamente por la velocidad de deslizamiento o la presión de contacto normal. Por otro lado, los dispositivos viscosos se ven afectados por la temperatura. En contraste, el acero es un material más simple de modelar y estable bajo una variedad de condiciones ambientales.
- El dispositivo funciona en un modo doble. Inicialmente, la energía se disipa principalmente en la banda mediante esfuerzos de cizallamiento uniformes en

un modo de corte. Después de que la red se degrada, los refuerzos continúan disipando energía en un modo de flexión, lo que lleva a un sistema robusto que continúa disipando energía incluso después de la degradación de la red.

- Este dispositivo se puede usar para la protección sísmica de edificios existentes o para proporcionar ductilidad a nuevos edificios.

2.4. Proveedores nacionales e internacionales de disipadores sísmicos.

2.4.1. Proveedores Nacionales

Lamentablemente no hay proveedores nacionales, por lo que se debe contactar directamente con los proveedores internacionales descritos en el siguiente ítem.

2.4.2. Proveedores Internacionales

Disipadores SLB son fabricados y patentados en el Perú por POSTENSA SAC estos disipadores fueron ensayados en la Universidad Federico III de Nápoles, Italia, una de las instituciones más antiguas y prestigiosas de Europa.

POSTENSA SAC es una empresa con una larga trayectoria de aproximadamente 50 años brindando productividad y servicios de tecnología de punta, contribuyendo en diferentes países de América Latina tales como Chile, Perú, México e inclusive Ecuador.

Por su gran trabajo es reconocida con varios premios indicados a continuación:

Premio BANAMEX de Ciencia y Tecnología 1975

Premio a la Exportación de Tecnología 1975, Instituto Mexicano del Comercio Exterior

Premio "Mejor solución a la vivienda" 1985, Colegio de Ingenieros Civiles y Arquitectos de Guadalajara A.C.

Premio "Registro 1990", Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto

2.5. Características de los disipadores

Los disipadores S.L.B. pueden ser utilizados en estructuras de hormigón armado o acero, analizados con software convencionales tales como Etabs o SAP2000.

Estos elementos se los pueden considerar como rotulas plásticas en el momento del diseño colocados de acuerdo al criterio del diseñador, "Los dispositivos concentran las demandas de ductilidad en conexiones fabricadas industrialmente y con propiedades mecánicas definidas por lo que representan un avance al diseño clásico de estructuras basado en la ductilidad y hiperestatismo", (**Ing. Bozzo & Helbert Gonzales, Analisis y Diseño Utilizando Disipadores Sismicos Tipo SLB, 2016, pág. 03**)

2.5.1. Tabla de Diseño Shear Link Bozzo

Los disipadores SLB permiten mejorar la capacidad de la deformación de rotura, operando después de un evento sísmico, permitiendo el control de los parámetros de fabricación garantizando un buen desempeño en el diseño.

Estos dispositivos están hechos de acero de alta ductilidad, donde no se presentan soldaduras, para lo cual es importante conocer la nomenclatura del dispositivo denominado como SLX_Y donde X denota el ancho total e Y denota el grosor de la tela. El parámetro X varía entre 50 hasta 500 mm y el parámetro Y puede ser 2, 3, 4 o 5 mm para cada valor dado de X como representa en la Figura 2.14.

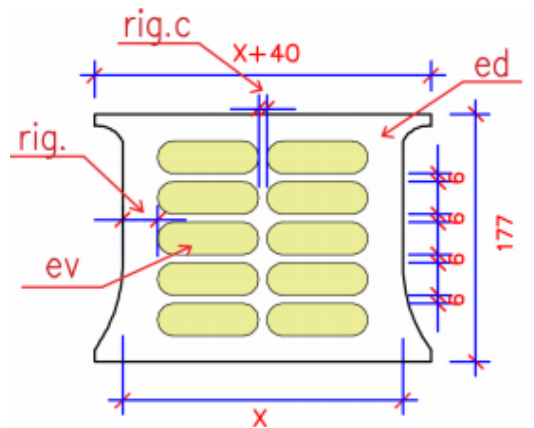


Figura 2.14. Tabla de Diseño Shear Link Bozzo

Fuente: (Ing. Bozzo, Disipadores Sismicos, Casos de Estudio, 2018)

SLB(ed) X_Y

Dónde:

X= Ancho del Disipador en cm

Y= Espesor de la ventana (ev) en mm

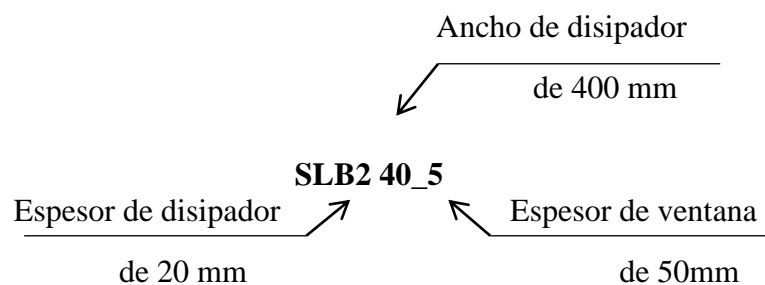
ed= Depende del espesor del disipador en mm

ed=2, para placas de 20mm

ed=3, para placas de 25mm

ed=4, para placas de 38mm

A continuación se detalla un ejemplo de disipador SLB



La Tabla 2.1 presenta un resumen de los parámetros de diseño más relevantes para estos dispositivos, cuyas características se desarrollaron a través de una calibración numérico- experimental del disipador experimentado por los Doctores Hurtado F y Bozzo L, quienes estudiaron la influencia de las conexiones empernadas en la curva de histéresis, calibrando los modelos no lineales.

Dónde:

K1, rigidez inicial.

Permite conocer cualitativamente la resistencia a la deformación elástica del disipador sísmico antes de deformarse, este valor se obtiene a través de la aplicación de una fuerza, midiendo sus desplazamientos.

Recordando que estos elementos de disipación sísmica son colocados después de la construcción del edificio, por lo que van a soportar esfuerzos laterales bajos hasta que ocurra un movimiento sísmico.

K2, rigidez post-rendimiento.

Luego de que el elemento se deforme, se obtiene la rigidez después de la aplicación varios ciclos de cargas y descarga.

Fy, fuerza de rendimiento.

Este valor define la fuerza de energía útil con respecto a la energía total que puede alcanzar a disipar el dispositivo sísmico SLB.

Fmax, fuerza de desplazamiento

Comprende la fuerza necesaria para provocar movimiento en el disipador sísmico.

Tabla 2.1.

Parámetros de diseño de Disipadores SLB (Shear Link Bozzo)

PARÁMETROS DE DISEÑO DE DISIPADORES DLB (SHEAR LINK BOZZO)							
Tipo	Fy (kN)	Fmáx (kN)	K1 (kN/cm)	K2 (kN/cm)	rig. lateral (mm)	rig. central (mm)	ventana (mm)
SLB2 6_2	99	126,4	724	14	13	--	2
SLB2 8_2	129	165,4	980	20	15	--	2
SLB2 8_3	135	177,4	1120	22	15	--	3
SLB2 8_4	139	189,9	1340	27	15	--	4
SLB2 8_5	148	201,8	1420	28	15	--	5
SLB2 8_6	150	213,6	1660	33	15	--	6
SLB2 10_2	177	225,5	1300	26	20	--	2
SLB2 10_3	183	243,1	1600	32	20	--	3
SLB2 10_4	190	259,7	1840	37	20	--	4
SLB2 10_5	197	276,1	2080	42	20	--	5
SLB2 10_6	203	291,8	2320	46	20	--	6
SLB2 15_2	194	262,3	1800	36	20	--	2
SLB2 15_3	208	296,6	2320	46	20	--	3
SLB2 15_4	223	330,2	2800	56	20	--	4
SLB2 15_5	240	363,7	3200	64	20	--	5
SLB2 15_6	258	396,4	3600	72	20	--	6
SLB2 20_2	268	373,2	2760	55	25	6	2
SLB2 20_3	292	422,9	3400	68	25	6	3
SLB2 20_4	317	470,7	4000	80	25	6	4
SLB2 20_5	340	517,9	4600	92	25	6	5
SLB2 20_6	363	563,6	5200	104	25	6	6
SLB2 25_2	324	451,3	3360	67	30	6	2
SLB2 25_3	352	516,9	4280	86	30	6	3
SLB2 25_4	383	580,3	5120	102	30	6	4
SLB2 25_5	416	642,5	5880	118	30	6	5
SLB2 25_6	444	703,1	6720	134	30	6	6
SLB2 30_2	339	482,3	3760	75	30	6	2
SLB2 30_3	376	566,2	4960	99	30	6	3
SLB2 30_4	435	648,0	5560	111	30	6	4
SLB2 30_5	456	728,0	7040	141	30	6	5
SLB2 30_6	498	806,7	7960	159	30	6	6
SLB2 40_2	371	552,5	4720	94	30	6	2
SLB2 40_3	427	672,1	6360	127	30	6	3
SLB2 40_4	488	788,9	7760	155	30	6	4
SLB2 40_5	546	903,2	9200	184	30	6	5
SLB2 40_6	607	1017,5	10560	211	30	6	6
SLB2 50_2	429	644,1	5600	112	30	10	2
SLB2 50_3	496	798,6	7800	156	30	10	3
SLB2 50_4	574	950,0	9680	194	30	10	4
SLB2 50_5	655	1099,3	11440	229	30	10	5
SLB2 50_6	736	1246,8	13120	262	30	10	6

Fuente: (Ing. Bozzo, Disipadores Sismicos, Casos de Estudio, 2018)

2.5.2. Conexión Peine + SLB

La geometría general de los disipadores sísmicos SLB es conformada por una conexión almenada o tipo peine, cuya función es impedir la transferencia de carga axial al dispositivo, presentándose de forma libre en planta y altura, este dispositivo tiene una altura total de 235mm que se reparte entre la placa dentada que es de 80mm y 155 como parte del propio dispositivo como se representa en la Figura 2.15.

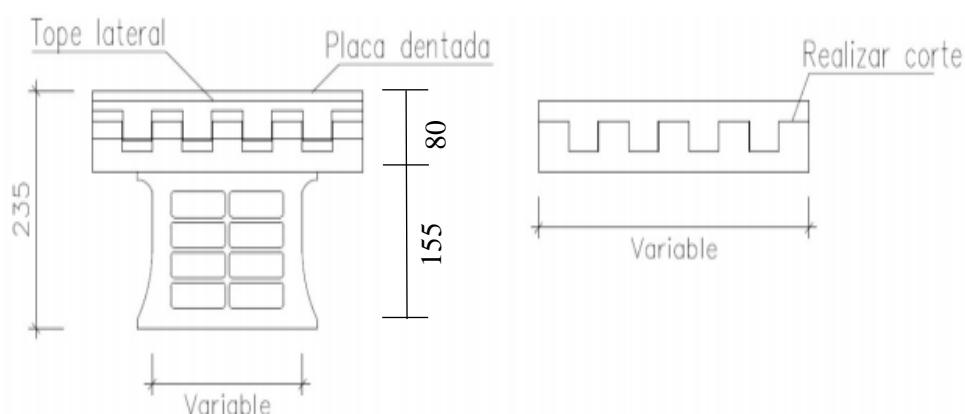


Figura 2.15. Conexión

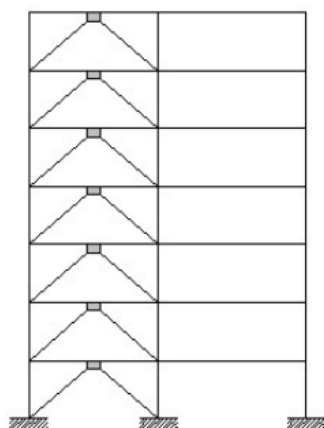
Fuente: (Ing. Bozzo, Disipadores Sísmicos, Casos de Estudio, 2018)

2.5.3. Propuestas de ubicación de Disipadores sísmicos en Edificios

A continuación se presentan en la Figura 2.16, las dos opciones para la ubicación de los disipadores SLB.

Donde la opción 1, correspondiente al tipo Chevron que consta de dos diagonales metálicas en forma de V invertida unidos a una placa vertical que conecta a la viga, este sistema limita las fuerzas transferidas a los elementos estructurales y la opción 2, corresponde a Muros desacoplados de concreto, trabajan como diagonales de pandeo restringido.

Opción 1



Opción 2

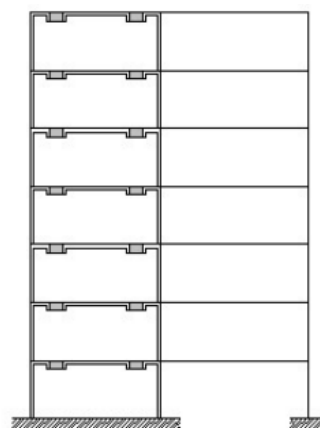


Figura 2.16. Ubicación de disipadores sísmicos en edificios.

Fuente: (Ing. Bozzo, Disipadores Sismicos, Casos de Estudio, 2018)

2.6. Selección del tipo de disipador a utilizarse

En este proyecto se va a utilizar los disipadores de Energía SLB (Shear Link Bozzo), con una ubicación clásica tipo Chevron, recordando que la estructura se deformará en sentido X así como en Y, por lo cual se asignarán disipadores en ambos sentidos.

Para comenzar con un Predimensionamiento del dispositivo se iniciará con un dispositivo SLB2 6_2 que el disipador más elemental, cambiando el dispositivo de acuerdo a las necesidades de la estructura.

2.7. Costos

El dispositivo tiene un valor aproximado de 300.00 dólares de acuerdo a la tesis Evaluación y comparación del reforzamiento de la PUCE SEDE Bahía, mediante la utilización de disipadores de energía tipo Shear link respecto a un reforzamiento con muros de corte.

CAPITULO III

3. Diseño de la Estructura

3.1. Generalidades de la estructura

La edificación consta de 5 plantas de sección rectangular de un área de 550 m² cada planta con volados de 1,20 y 1.10 metros a cada lado de la edificación. También se ubica un ascensor y gradas de 20.26 m² de área, el diseño es de estructura metálica (acero) con la adición de dispositivos SLB (Shear Link Bozzo).

La infraestructura tiene una altura total de 17.70 metros, con alturas de entrepisos de 3.0 metros en cada planta, exceptuando en el tapa grada que tiene una altura de 2.70 metros como se puede observar en la Figura 3.1.

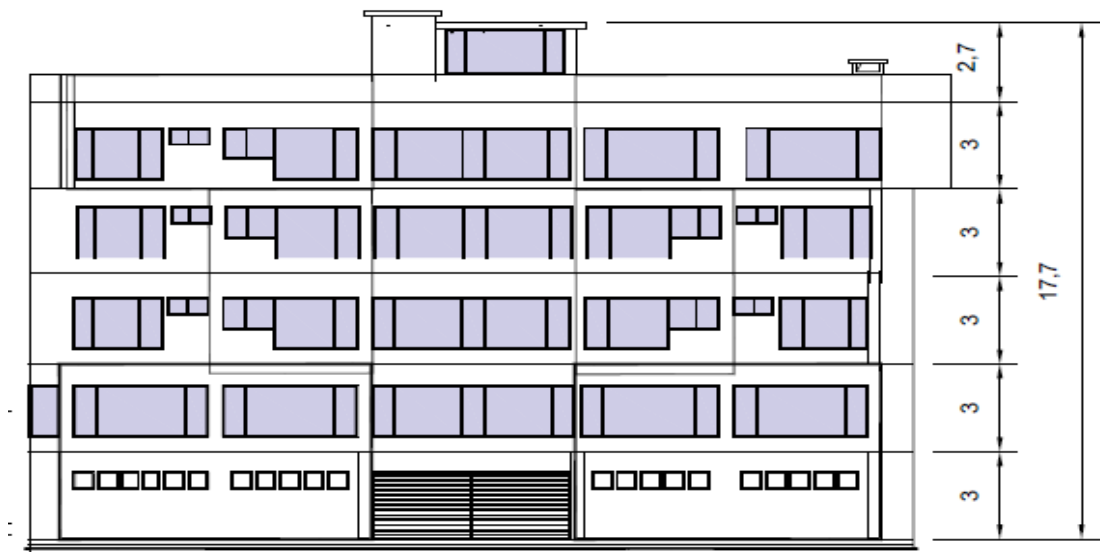


Figura 3.1. Geometría General de Elevación

Elaborado por: Adriana Mena

En el diseño arquitectónico se observa 4 oficinas en cada planta, exceptuando la planta baja donde se encuentran los parqueaderos, como se muestra en la Figura 3.2.

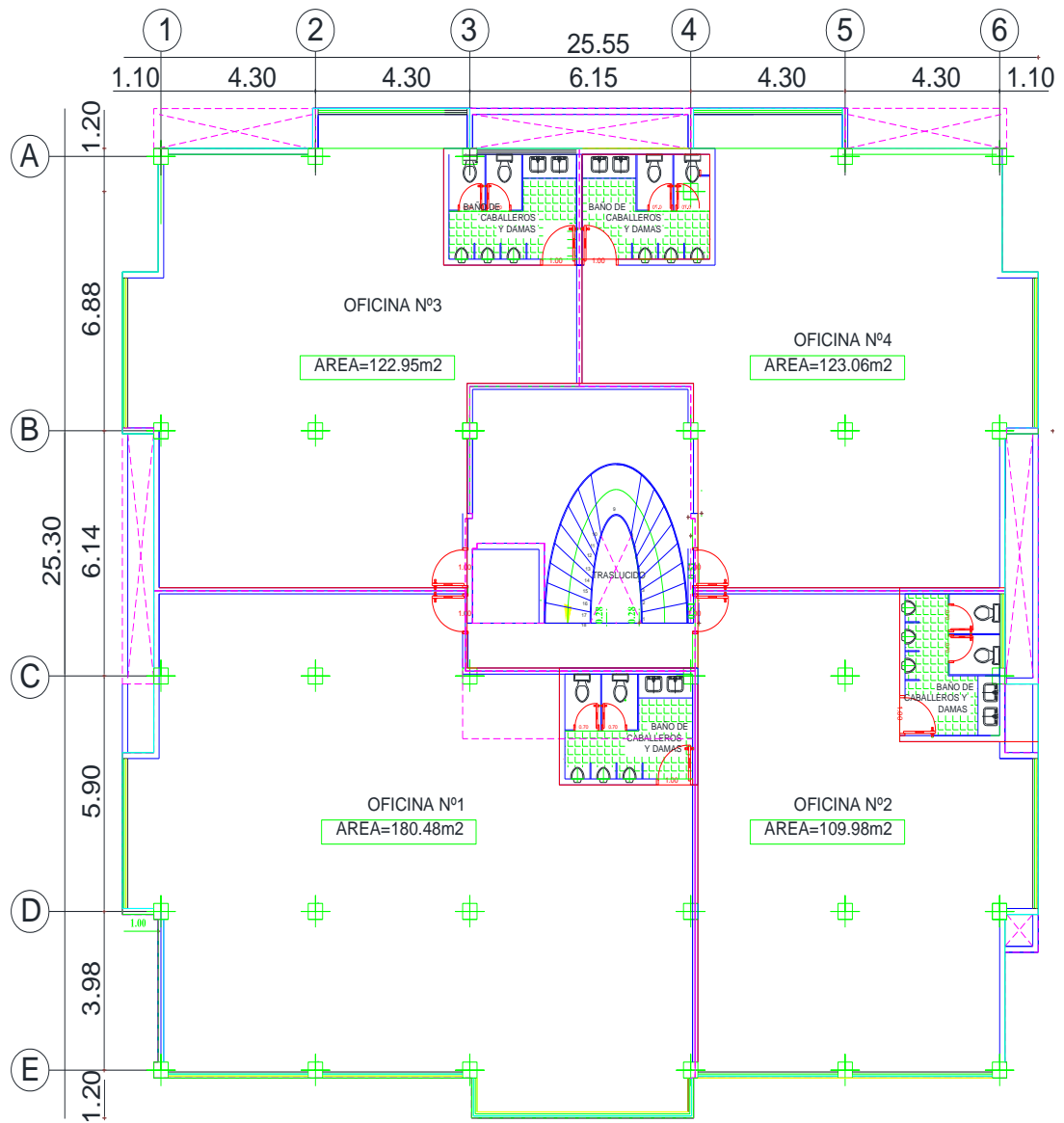


Figura 3.2. Planta Tipo

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se presenta en la Tabla 3.1 un resumen de las distancias entre ejes en ambos sentidos.

Tabla 3.1.
Distancias entre ejes

Sentido X		Sentido y	
Ejes	Distancia	Ejes	Distancia
1'-1	1,1	A'-A	1,2
1-2.	4,3	A-B	6,88
2-3.	4,3	B-C	6,14
3-4.	6,15	C-D	5,9
4-5.	4,3	D-E	3,98
5-6.	4,3	D-D'	1,2
6-6'	1,1		

Elaborado por: Adriana Mena

3.2. Cargas

Para el presente análisis se va a tomar en cuenta las siguientes cargas:

3.2.1. Carga Muerta (D).- Definido como el peso propio de la edificación que incluyen columnas, vigas, losas, muros, paredes y elementos permanentes tales como ventanas, puertas, acabados de pisos y tumbado, etc.

Los elementos utilizados para determinar los pesos a los que se encuentra sometida la estructura están indicados en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2.

Cargas Muertas utilizadas en la Estructura

Cargas utilizadas	
Peso losa deck 10cm	174.38 kg/m ²
Peso de masillado	40.00 kg/m ²
Peso eléctrico y sanitario	5.00 kg/m ²
Baldosas de 1cm espesor	40.00 kg/m ²
Paredes modulares	45.00 kg/m ²
Cielo raso	10.00 kg/m ²
Paredes	160.46 kg/m ²
Paredes terraza accesible	52.97 kg/m ²

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se detallan las cargas que soportan cada planta de la estructura en la Tabla 3.3.

Las cargas de paredes están desarrollas más detalladamente en el Anexo 1.

Tabla 3.3.

Detalle de Cargas Muertas en cada planta.

TAPA GRADA		
Peso losa deck 10cm	174.38	kg/m ²
Peso de masillado	40.00	kg/m ²
TOTAL=	214.38	kg/m²

Tabla 3.3. *CONTINUACIÓN*

TERRAZA ACCESIBLE		
Peso losa deck 10cm	174.38	kg/m2
Peso de masillado	40.00	kg/m2
Peso eléctrico y sanitario	5.00	kg/m2
Paredes	52.97	kg/m2
TOTAL=	272.35	kg/m2
OFICINAS		
Peso losa deck 10cm	174.38	kg/m2
Baldosas de 1cm espesor	40.00	kg/m2
Peso eléctrico y sanitario	5.00	kg/m2
Paredes	160.46	kg/m2
Cielo raso	10.00	kg/m2
paredes modulares	45.00	kg/m2
TOTAL=	434.84	kg/m2
PARQUEADEROS		
Peso losa deck 10cm	174.38	kg/m2
Peso eléctrico y sanitario	5.00	kg/m2
Paredes	160.46	kg/m2
Peso de masillado	40.00	kg/m2
TOTAL=	379.84	kg/m2

Elaborado por: Adriana Mena

Se representa un resumen total de las cargas muertas en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4.

Cargas Muertas

Cargas			
No. PISO	USO	NIVEL	C. MUERTA (kg/m2)
SEXTO PISO	TAPAGRADA	17.70	214.38
QUINTO PISO	TERRAZA ACCESIBLE	15.00	272.35
CUARTO PISO	OFICINA	12.00	434.84
TERCER PISO	OFICINA	9.00	434.84
SEGUNDO PISO	OFICINA	6.00	434.84
PRIMER PISO	OFICINA	3.00	434.84
PLANTA BAJA	PARQUEADEROS	0.00	379.84

Elaborado por: Adriana Mena

3.2.2. Cargas Vivas (L).- Son aquellas cargas que se deben a la utilización de la edificación y se encuentra conformada por personas, muebles, equipos y accesorios permanentes y/o temporales, mercadería, entre otros, en este caso la ocupación de la estructura es Terraza inaccesible, Terraza accesible, oficinas y la planta baja utilizada para parqueaderos, como se indica en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5.

Cargas Uniformes y Concentradas Estandarizadas

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		
Departamentos (ver Residencias)		
Edificios de oficinas		
Salas de archivo y computación (se diseñará para la mayor carga prevista)		
Áreas de recepción y corredores del primer piso	4.80	9.00
Oficinas	2.40	9.00
Corredores sobre el primer piso	4.00	9.00

Fuente: (NEC - SE- CG, 2015)

De acuerdo con lo estandarizado por la Norma Ecuatoriana de la Construcción se utilizará cargas vivas en terraza inaccesible 1.0KN/m² o 100 kg/m², terraza accesible 2.0KN/m² o 200 kg/m², oficinas de 2.4KN/m² o 250 kg/m² y parqueaderos de 2.4KN/m² o 250 kg/m², como se puede apreciar en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6

Cuadro de Cargas Vivas

Cargas			
No. PISO	USO	NIVEL	C. VIVA (kg/m2)
SEXTO PISO	TAPAGRADA	17.70	100.00
QUINTO PISO	TERRAZA ACCESIBLE	15.00	200.00
CUARTO PISO	OFICINA	12.00	250.00
TERCER PISO	OFICINA	9.00	250.00
SEGUNDO PISO	OFICINA	6.00	250.00
PRIMER PISO	OFICINA	3.00	250.00
PLANTA BAJA	PARQUEADEROS	0.00	250.00

Elaborado por: Adriana Mena

En la tabla 3.7 se observa un resumen de las cargas Totales.

Tabla 3.7.

Cuadro de resumen de cargas totales

CARGAS TOTALES						
No. PISO	USO	NIVEL	C. MUERTA (kg/m2)	C. VIVA (kg/m2)	C. TOTAL (kg/m2)	C. REACTIVA : 100 CM
SEXTO PISO	TAPAGRADA	17.70	214.38	100.00	314.38	214.38
QUINTO PISO	TERRAZA ACCESIBLE	15.00	272.35	200.00	472.35	272.35
CUARTO PISO	OFICINA	12.00	434.84	250.00	684.84	434.84
TERCER PISO	OFICINA	9.00	434.84	250.00	684.84	434.84
SEGUNDO PISO	OFICINA	6.00	434.84	250.00	684.84	434.84
PRIMER PISO	OFICINA	3.00	434.84	250.00	684.84	434.84
PLANTA BAJA	PARQUEADEROS	0.00	379.84	250.00	629.84	379.84

Elaborado por: Adriana Mena

3.2.3. Carga Sísmica (E).- Las cargas sísmicas son las determinadas mediante un análisis modal espectral. ETABS hace análisis estáticos (hasta tres estados de carga) y dinámicos. Puede combinarlos en condiciones de carga, con factores de carga a elección del usuario.

3.2.3.1. Cortante Basal

Fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la norma (NEC - SE- DS - Peligro Sísmico, 2015).

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_P \phi_E} W$$

El cortante basal total de diseño V, a nivel de cargas últimas, aplicado a una estructura en una dirección especificada, se determinará mediante las expresiones:

Sa (Ta): Espectro de diseño en aceleración

ϕ_P y ϕ_E : Coeficientes de configuración en planta y elevación

I: Coeficiente de importancia;

R: Factor de reducción de resistencia sísmica;

V: Cortante basal total de diseño;

W: Carga sísmica reactiva;

Ta: Período de vibración.

3.2.3.1.1. Aceleración Espectral Z y zona sísmica.- Este parámetro representa la máxima aceleración para el sismo de diseño, utilizada en edificios de uso común.

Se debe ingresar la provincia, la ciudad y parroquia, para este proyecto la provincia es Pichincha, Ciudad Quito y la Parroquia es Cumbaya.

De acuerdo al apéndice 10.2 Poblaciones ecuatorianas y valor del factor de Z de NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico, teniendo el valor de $Z = 0.40$ y una peligrosidad sísmica alta como se muestra en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8.

Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sismico, 2015).

3.2.3.1.2. Tipos de perfiles de suelos para diseño sísmico.

Existen 6 tipos de perfiles de suelo utilizados en el diseño de edificaciones, los cuales se representan como A, B, C, D, E y F como se indica en la tabla 3.9.

Tabla 3.9.

Clasificación de Perfiles de Suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ Kpa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas ($H > 3$ m para turba o arcillas orgánicas y muy	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.5$ m con índice de Plasticidad $IP > 75$)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda ($H > 30$ m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia α ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sísmico, 2015).

De acuerdo al Estudio de Suelos tenemos un perfil tipo D, que refiere a un suelo rígido con un número de golpes de SPT (standard penetration test) entre 15 y 50 golpes.

3.2.3.1.3. Coeficientes de perfil de suelo.

Para el diseño se debe analizar los siguientes parámetros:

- F_a : Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó, mismo que se muestra en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10.

Tipos de suelo y factores de sitio F_a

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 3.9 : Clasificación de los perfiles de suelo					

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sísmico, 2015).

$$F_a = 1.20$$

- F_d : Coeficiente de amplificación de ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos, como se observa en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11.

Tipos de suelo y factores de sitio F_d

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 3.9 : Clasificación de los perfiles de suelo					

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sísmico, 2015).

$$F_d = 1.19$$

- F_s : Coeficiente de comportamiento no lineal de los cortos como se puede observar en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12.

Tipos de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 3.9 : Clasificación de los perfiles de suelo					

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sísmico, 2015).

$$F_s = 1.28$$

3.2.3.1.4. Factor de Importancia

El objetivo de este factor es mayorar la demanda sísmica de diseño, que de acuerdo a su uso e importancia deben tolerar menor daño durante y después de la presencia de un sismo.

De acuerdo con la norma el factor de Importancia igual 1, se utiliza en estructuras de uso convencional tales como viviendas, oficinas y parqueaderos tal como se indica en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13.

Tipo de uso, destino e importancia

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sismico, 2015).

$$I= 1.0$$

3.2.3.1.5. Espectro Elástico de Diseño

El espectro elástico de respuesta de diseño de aceleración o también conocido como “Sa”, representa una parte de la aceleración de la gravedad y depende del modo de vibración de la estructura, como se representa en la Figura 3.3.

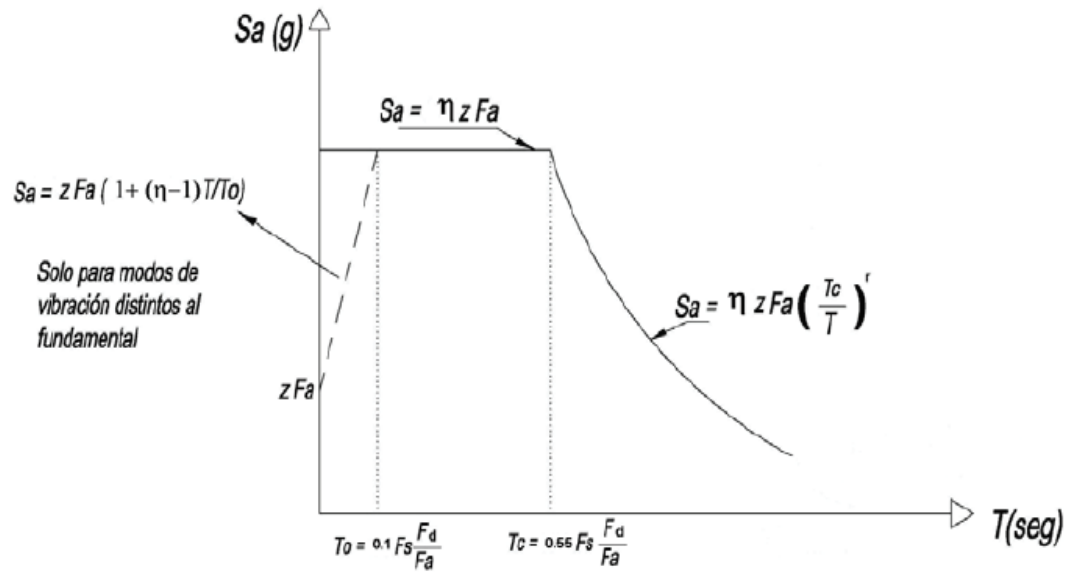


Figura 3.3. Espectro sísmico elástico de aceleraciones.

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sísmico, 2015).

$$\begin{aligned} 1) \quad & S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c \\ 2) \quad & S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \text{ para } T > T_c \end{aligned}$$

Para dibujar el gráfico anterior se necesita de varios elementos que se detallarán a continuación:

3.2.3.1.6. Factor “n”

Para este paso se debe colocar la región en donde se construirá el edificio. En nuestro caso nos encontramos en la región sierra.

$n = 1,80$	Provincias de la Costa a excepción de Esmeraldas
$n = 2,48$	Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
$n = 2.60$	Provincias del Oriente

3.2.3.1.7. Factor “r”

Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto.

r= 1 utilizado para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E.

r=1,5 utilizado para suelo tipo E.

3.2.3.1.8. Periodo Fundamental de vibración “T”, depende de la altura de la edificación

Dónde:

Altura total de la estructura (h= 17.70 m)

n= 2.48

$$T = Cth_n^\alpha$$

Para el análisis se considera la estructura sin arriostramientos, por lo cual se tiene los valores de $C_t = 0.072$ y $\alpha = 0.8$ como se muestra en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14.

Tipos de Estructura para al periodo de vibración

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras	0.055	0.75

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sismico, 2015).

Dando un periodo $T = 0.717$ seg

El Periodo de vibración presenta dos límites “ T_c ” y “ T_l ” que materializan el sismo de diseño y su desplazamiento. Se representa con las siguientes ecuaciones:

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0.55 * 1.28 \frac{1.19}{1.2}$$

$$T_c = 0.698 \text{ seg}$$

$$T_l = 2.4 * F_d$$

$$T_l = 2.4 * 1.19$$

$$T_l = 2.856 \text{ seg}$$

En el análisis dinámico se debe desarrollar el periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico o “ T_o ”.

$$T_o = 0.1 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0.1 * 1.28 * \frac{1.19}{1.2}$$

$$T_o = 0.127 \text{ seg}$$

Con los valores de periodo se determinan las ecuaciones para determinar espectro sísmico elástico a través de las siguientes ecuaciones:

$$S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = 2.48 * 0.4 * 1.2$$

$$Sa = 1.19$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \text{ para } T > T_c$$

$$Sa = 2.48 * 0.4 * 1.2 * \left(\frac{0.698}{0.717} \right)^1$$

$$Sa = 1.158$$

3.2.3.1.9. Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura

“k”.- El valor de “k” depende del periodo “T” como se puede observar en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15.
Coeficiente k

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
$0.5 < T \leq 2.5$	$0.75 + 0.50 T$
> 2.5	2

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sismico, 2015).

El valor de k se obtendrá con la fórmula $k = 0.75 + 0.50T$.

$$k = 1.109$$

3.2.3.1.10. Factor de reducción de Respuesta Estructural “R”

Este factor permite reducir las fuerzas sísmicas, dependiendo de ciertas variables ya sea el tipo de estructura, el tipo de suelo, periodos de vibración y factores de ductilidad.

Se toma un valor de $R=8$, para pórticos especiales sismo resistentes de acero y muros estructurales de hormigón armado como se puede observar en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16.

Coefficiente R para sistemas estructurales dúctiles

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

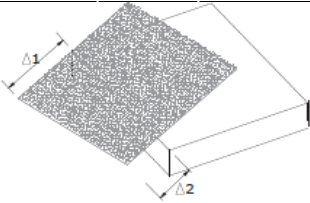
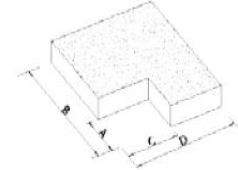
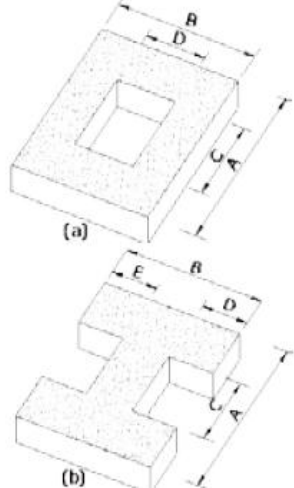
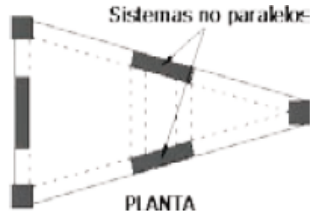
Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sismico, 2015).

3.2.3.1.11. Factores de Configuración en planta

Para tener un buen desempeño sísmico se recomienda que la estructura sea lo más simple y regular posible, caso contrario de contemplar las irregularidades en planta tal como indica la Tabla 3.17.

Tabla 3.17.

Coeficiente de irregularidad en planta

<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi P_i = 0.9 \quad \Delta > 1.2(\Delta 1 + \Delta 2)/2$ Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi P_i = 0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$ La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi P_i = 0.9$ a) $CxD > 0.5Ax B$ b) $[CxD + CxE] > 0.5Ax B$ La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi P_i = 0.9$ La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sismico, 2015).

Cuando una estructura no contempla ningún tipo de irregularidades descritas en la tabla anterior en ninguno de sus plantas ϕ_p será igual a 1 y se le considera como planta regular. Para el presente proyecto se toma como estructura irregular debido a las entrantes superan el 15% de la dimensión de la planta.

$$\phi_p = \phi_{PA} * \phi_{PB}$$

$\Phi_{PA}=$	0,9
$\Phi_{PB}=$	0,9

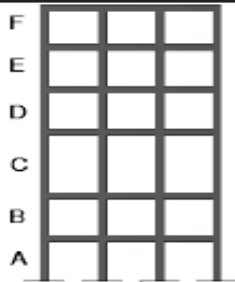
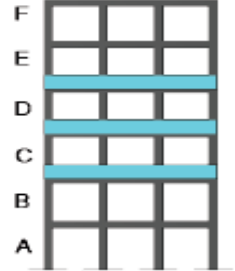
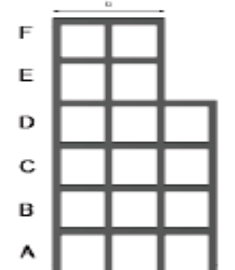
$$\phi_p = 0.81$$

3.2.3.1.12. Factor de Configuración en elevación ϕ_E

Cuando una estructura no contempla ningún tipo de irregularidades descritas en la tabla 3.18 en ninguno de sus plantas ϕ_E será igual a 1 y se le considera como planta regular.

Tabla 3.18.

Coefficiente de irregularidad en elevación

<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_E=0.9$ Rigidez $K_c < 0.70$ Rigidez K_o $Rigidez < 0.80 \frac{(K_o + K_x + K_y)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_E=0.9$ $m_D > 1.50 m_E$ ó $m_D > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_E=0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sismico, 2015).

Para este caso tenemos una irregularidad geométrica donde $a > 1.3b$, En el caso de nuestra estructura la altura de entresijos y la configuración vertical no es constante

en todos los niveles, debido a que se considera el último nivel correspondiente al tapa gradas.

$$\phi_E = \phi_{EA} * \phi_{EB}$$

$\phi_{EA} =$	1
$\phi_{EB} =$	0,9

$$\phi_E = 0.9$$

A continuación se presenta el cálculo del cortante basal en la Tabla 3.19.

Tabla 3.19

Cuadro Resumen del Cortante Basal

ELEMENTO	VALOR	DESCRIPCION
W	2605,91 (kg/m2)	Peso total de la estructura
Sa	1,158	Aceleración espectral correspondiente al espectro de respuesta
I	1	Índice de importancia de la estructura
R	8	Factor de reducción de resistencia sísmica en condiciones normales
ϕ_p	0.81	Factor de configuración en planta
ϕ_e	0.9	Factor de configuración en elevación
Z	0,4	valor espectral tabla 3.8
PERFIL	D	TABLA 3.9 CLASIFICACIÓN DE SUELO
Fa	1.2	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó.
Fd	1.19	Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca
Fs	1.28	Comportamiento no lineal de los suelos

Elaborado por: Adriana Mena

Calculo de Cortante Basal “V”

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_p \phi_e} W$$

$$V = 0,199 * W$$

3.2.3.2. Límites permisibles de derivas de pisos

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), nos indican los porcentajes máximos que se pueden obtener en derivas inelásticas de acuerdo al material como se puede observar en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20.

Valores de derivas máximas.

Estructuras de:	ΔM máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Fuente: (NEC - SE- DS - Peligro Sismico, 2015).

Al tener un edificio con estructura metálica, la deriva máxima por piso debe mantenerse con un máximo del 2%.

3.2.3.2.1. Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales “ Δ_E ”

A través de la fórmula de derivas máximas de pisos se obtendrá el Δ_E .

$$\Delta_E = \frac{0.02}{0.75 * R}$$

$$\Delta_E = 0.0033$$

Esquema de Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico.

A continuación se adjuntan los valores de Aceleración vs Periodo de Vibración en la Tabla 3.21.

Tabla 3.21.

Esquema de Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico para estructura convencional

Periodo T(seg)	Aceleración Elástico (Sa)	Aceleración Inelástico (S)
0	0,48	0,0823
0,1	1,040	0,1783
0,12693	1,1904	0,2041
0,2	1,1904	0,2041
0,3	1,1904	0,2041
0,4	1,1904	0,2041
0,5	1,1904	0,2041
0,6	1,1904	0,2041
0,698	1,190	0,2041
0,7	1,187	0,2036
0,8	1,039	0,1781
0,9	0,923	0,1583
1	0,831	0,1425
1,1	0,756	0,1295
1,2	0,693	0,1187
1,3	0,639	0,1096
1,4	0,594	0,1018
1,5	0,554	0,0950
1,6	0,519	0,0891
1,7	0,489	0,0838
1,8	0,462	0,0792
1,9	0,437	0,0750
2	0,416	0,0712
2,1	0,396	0,0679
2,2	0,378	0,0648
2,3	0,361	0,0620
2,4	0,346	0,0594
2,5	0,332	0,0570
2,6	0,320	0,0548
2,7	0,308	0,0528
2,8	0,297	0,0509
2,9	0,287	0,0491
3	0,277	0,0475
3,1	0,268	0,0460
3,2	0,260	0,0445
3,3	0,252	0,0432

Tabla 3.21. CONTINUACION

Periodo T(seg)	Aceleración Elástico (Sa)	Aceleración Inelástico (S)
3.4	0.244	0.0419
3.5	0.237	0.0407
3.6	0.231	0.0396
3.7	0.225	0.0385
3.8	0.219	0.0375
3.9	0.213	0.0365
4	0.208	0.0356

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se adjuntan los valores de Aceleración vs Periodo de Vibración en la Figura 3.4.

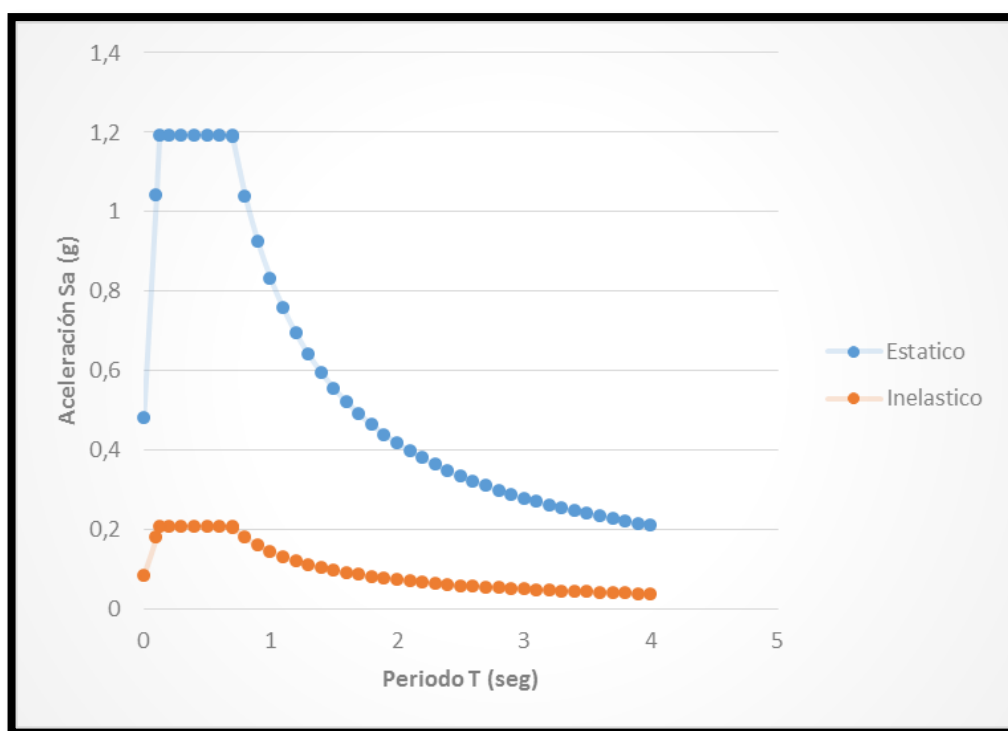


Figura 3.4. Diagrama Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico para estructura convencional

Elaborado por: Adriana Mena

3.2.3.2.2. Distribución de Fuerzas Sísmicas

Se determinan a través de las siguientes ecuaciones:

$$W_i = W * A$$

$$F_i = \frac{W_i * h_i}{\sum_{i=1}^n W_i * h_i} * V$$

$$S_i = F_{1i} + F_{2i} + \dots + F_{ni}$$

$$F_{i1} = \frac{(W_i * h_i)^k}{\sum_{i=1}^n (W_i * h_i)^k} * V$$

$$S_{i1} = F_{1i1} + F_{2i1} + \dots + F_{ni1}$$

En la Tabla 3.22 se muestran los resultados de las Fuerzas Sísmicas.

Tabla 3.22.

Distribución de Fuerzas Sísmicas

Nivel	h	h _i	A _i	W	W _i	W _i *h _i	(W _i *h _i) ^k	F _i	S _i	F _{i1}	S _{i1}
	m	m	m ²	T/m ²	T	T-m	T-m	T	T	T	T
17.70	2.7	17.7	20.6	0.418	8.61	152.40	263.133	3.48	3.48	2.53	2.53
15.00	3	15	550.6	0.434	239.16	3587.46	8730.61	82.02	85.50	83.87	86.40
12.00	3	12	550.6	0.608	334.57	4014.79	9890.81	91.79	177.29	95.02	181.42
9.00	3	9	550.6	0.606	333.71	3003.39	7169.42	68.67	245.96	68.88	250.30
6.00	3	6	550.6	0.608	334.90	2009.38	4591.64	45.94	291.90	44.11	294.41
3.00	3	3	550.6	0.606	333.58	1000.75	2120.00	22.88	314.78	20.37	314.78
		TOTAL	2773.6		1584.53	13768.17	32765.61				

Elaborado por: Adriana Mena

3.3. Combinaciones de cargas

Las estructuras, componentes y cimentaciones, deberán ser diseñadas de tal manera que la resistencia de diseño iguale o exceda los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo a las siguientes combinaciones:

1.- 1.4 D

2.- $1.2 D + 1.6 L$

3.- $1.2 D + L$

4.- $1.2 D + 1.0 E + L$

5.- $0.9 D + 1.0 E$

Dónde:

D: Carga permanente o carga muerta

E: Carga de sismo

L: Sobrecarga (carga viva)

Lr: Sobrecarga cubierta (carga viva)

3.4. Tipo de estructura

Para que una estructura cumpla con los requisitos de forma estructural se debe tener en cuenta las siguientes características:

- Ser simple
- Ser simétrica
- No ser demasiado larga en planta o elevación
- Tener resistencia distribuida en forma uniforme y continua
- Tener miembros horizontales en los cuales se formen articulaciones antes que en los miembros verticales.
- Tener rigideces que tomen en consideración las propiedades del suelo.

3.4.1. Sencillez y simetría

Los sismos han demostrado que la estructura más simple tales como cuadradas o rectangulares tienen una mayor oportunidad de soportar dichos eventos, para comprobar esto existen dos razones principales:

Simetría.- se presenta especialmente en planta con respecto a sus dos ejes, minimiza los efectos de torsión en la estructura.

Además se deben proyectar diseños sencillos que faciliten la distribución equilibrada de los muros evitando en lo posible formas irregulares, la fachada debe ser el resultado de la distribución funcional de los muros interiores.

3.5. Materiales

Tomando en cuenta que el diseño de este proyecto es en estructura metálica (vigas, viguetas y columnas), y elementos compuestos (losas y muros).

Los materiales de este edificio tendrán las siguientes características para el diseño.

Propiedades:

- **Acero de Grado 36 (A36)**

- Peso específico:	$\gamma=7833.4 \text{ kg/m}^3$
- Limite de Fluencia de los Perfiles Metálicos:	$f_y= 2531 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad:	$E= 20389.02 \text{ kg/mm}^2$
- Coeficiente de Poisson	$\mu= 0,3$
- Coeficiente de Expansión Térmica	$A= 0.0000117 \text{ 1/C}$
- Modulo de Corte	$G= 7841.93 \text{ kg/mm}^2$

- **Hormigón**

- Límite de Fluencia del Acero: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a la Compresión del Hormigón: $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$
- Peso específico: $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Coeficiente de Poisson $\mu = 0.2$
- Coeficiente de Expansión Térmica $A = 0.0000099 \text{ 1/C}$
- Modulo de Corte $G = 969.08 \text{ kg/mm}^2$
- Módulo de elasticidad:

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (**Catalogo Instadeck - Losa Colaborante, 2018**) (**NEC- SE-HM - Hormigón Armado, 2015, pág. 18**) se obtiene con la ecuación:

$$E = 15000\sqrt{f'_c}$$

$$E = 15000\sqrt{240}$$

$$E = 2323.79 \text{ kg/mm}^2$$

3.6. Normas y códigos

Para este proyecto se utilizarán normas y códigos de la construcción ecuatoriana así como el código de la construcción peruana y chilena entre otros poniendo énfasis en las normativas para riegos sísmicos que se detallan a continuación:

- Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC- 15
- AISC American Institute of Steel Construction

-Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismo Resistente

- Manual of Steel construction LRFD 1997

3.7. Ventajas y Desventajas del Acero Estructural

Los elementos contruidos con acero estructural tienen las siguientes ventajas:

- El acero estructural tiene un gran beneficio con respecto a los elementos de hormigón armado, como su alta resistencia en relación a su peso.
- El acero estructural permite una alta ductilidad del material ante cargas normales, desarrollando altas concentraciones de esfuerzos en diferentes puntos del elemento.
- Este tipo de material tiene la facilidad de realizar nuevas adecuaciones.
- Ahorro de tiempo en su construcción con respecto a las estructuras de hormigón armado.

Desventajas

- A medida que el elemento es más esbelto, tiene mayor probabilidad de pandeo.
- Al estar expuesto a condiciones de humedad, el acero tiende a oxidarse, perdiendo sus dimensiones iniciales.
- Los elementos estructurales al estar sometidos a altas temperaturas como es el caso de un incendio, pierden su resistencia.

3.8. Predimensionamiento de elementos estructurales

En este capítulo se procederá a realizar el predimensionamiento de los diferentes elementos estructurales de la edificación, para lo cual se utilizan las cargas y combinaciones que han sido determinadas con anterioridad.

A continuación se realizará el prediseño de los siguientes elementos:

- Losas
- Vigas
- Columnas

3.8.1. Predimensionamiento de losa

Este sistema está conformado por planchas preformadas de acero estructural, con capacidad de soportar grandes cargas, pudiendo ser utilizada como plataforma de trabajo y encofrado. Este elemento está compuesto por una malla electro soldada de temperatura y recubrimiento de concreto que funcionan como una sección compuesta acero/concreto. Tal como se observa en la Figura 3.5.

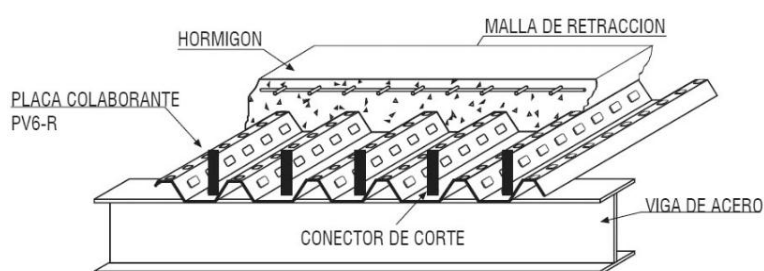


Figura 3.5. Losa colaborante

Fuente: (Catalogo Instadeck - Losa Colaborante, 2018)

Entre los beneficios más notables de este tipo de losa son los mencionados a continuación:

- Funciona como encofrado.
- El acero-deck en conjunto con el concreto funciona como acero de refuerzo positivo.
- Reducción de peso muerto de la losa debido a la forma del perfil.
- Mayor durabilidad, puesto que son hechos a medida, evitando realizar cortes innecesarios.
- Permite mantener limpio el lugar de trabajo.

Se va a dimensionar losas tipo deck para lo cual se tomará como referencia los catálogos de placas colaborantes disponibles en el mercado nacional tal como se indica en la Tabla 3.23.

Tabla 3.23.

Espesores de losa deck

Espesor de losa			Cubicación y Peso Propio			Espesor del Deck (mm)
Altura total de losa (cm)	Altura de hormigón sobre cresta (cm)	Volumen hormigón (m ³)	Peso Hormigón (kg/m ²)	Peso Deck (kg/m ²)	Peso Total (kg/m ²)	
10	5.0	0.07	168	6.38	174.38	0.65
12	5.0	0.09	216	6.38	222.38	0.65

Fuente: (Tesis Alvear Rúales, 2015)

Dimensiones Comerciales de placa deck se detallan a continuación en la Figura 3.6.



Figura 3.6. Dimensiones Comerciales

Fuente: (Especificaciones Técnicas Kubilosa , 2017)

3.8.2. Predimensionamiento de vigas

Las vigas son elementos estructurales que están sometidas a flexión, de tal manera que deben soportar cargas de gravedad.

Entre los elementos estructurales considerados como vigas se encuentran vigas principales, vigas secundarias, viguetas, dinteles, vigas de fachadas y vigas de piso. Reconociéndose cada elemento por su función como es el caso de las viguetas que son vigas que soportan las cargas de pisos y techos, vigas de fachada que contienen las cargas de paredes exteriores así como cargas de pisos y corredores.

Usualmente se utiliza la sección tipo I para vigas dado que tiene gran porcentaje de acero concentrado en los patines, proporcionando mayor momento de inercia y momentos resistentes, permitiendo reducción de pesos y de costos. En ciertas ocasiones se utilizan vigas tipo canal aunque este tipo de secciones normalmente se utilizan como largueros en cargas pequeñas y cuando se necesita patines estrechos.

En este proyecto se emplearán vigas armadas de Tipo I de acuerdo a los cálculos obtenidos.

3.8.2.1. Determinación de Mosaico de Cargas para Vigas Principales y Secundarias

El mosaico de Cargas se muestra en la Figura 3.7, en el cual se muestran las vigas principales simbolizadas como VP, secundarias como VS y las viguetas como Vg.

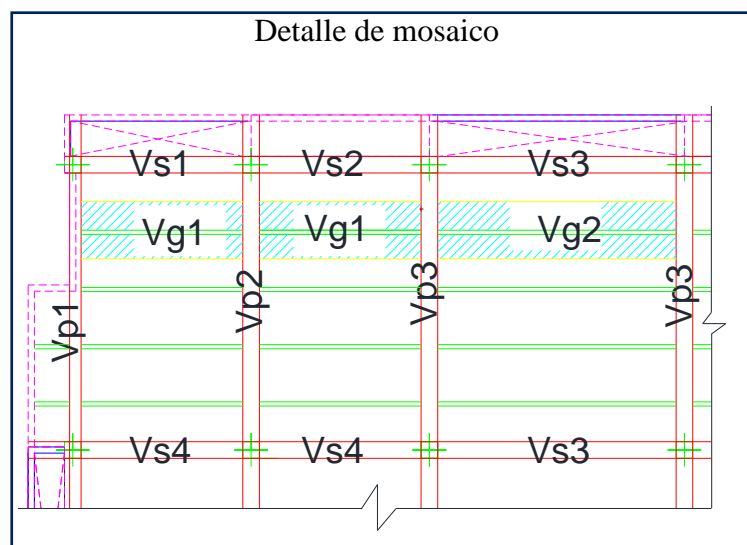
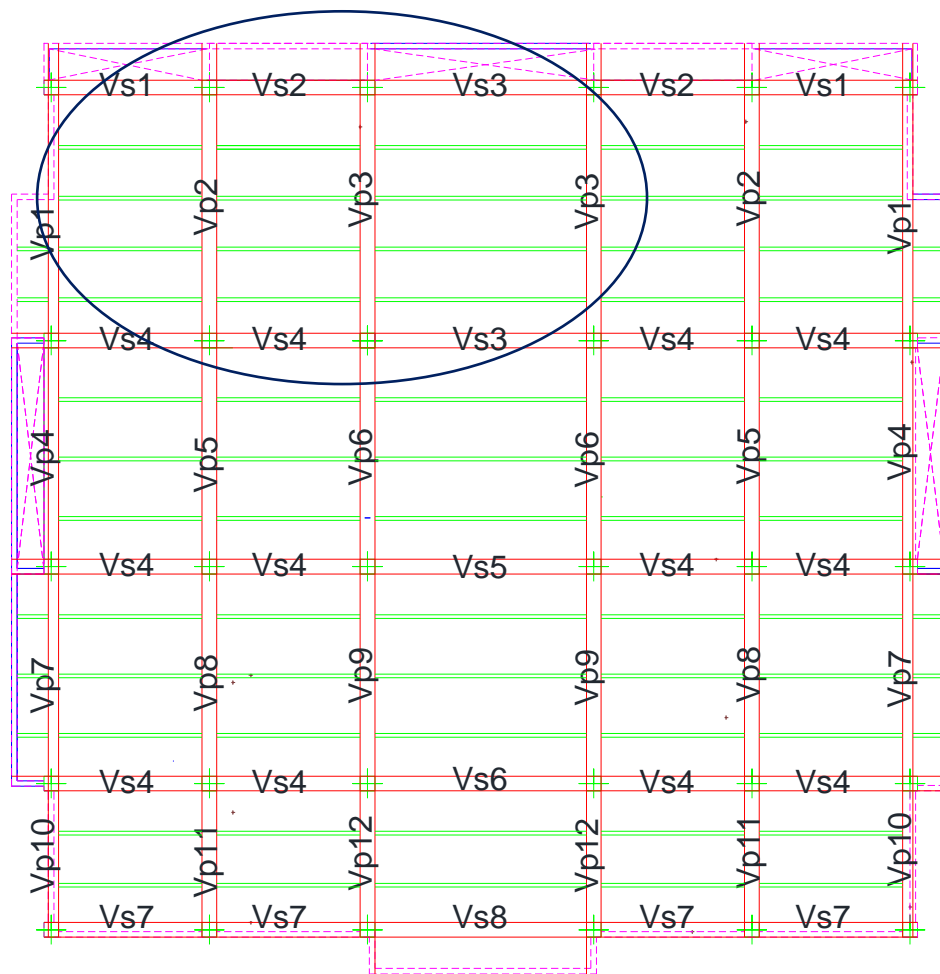


Figura 3.7. Mosaico de Cargas en vigas Principales, Secundarias y viguetas

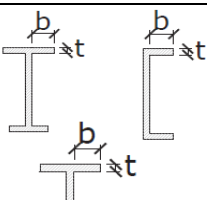
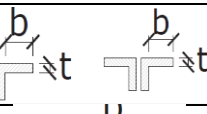
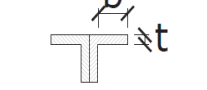
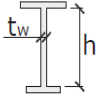
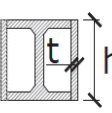
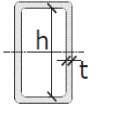
Elaborado por: Adriana Mena

En Vigas así como en columnas se tiene que tomar en cuenta que las secciones deben cumplir con los requerimientos de compacidad sísmica. VER ANEXO 2

Como se detalla en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24.

Máximas relaciones Ancho - Espesor

	Tipo de Elemento	Relación Ancho-Espesor	Limites	Ejemplo
Elementos no Rigidizados	Flexión en alas de vigas "T" roladas o armadas, canales y vigas "T"	b/t	$0.30 \sqrt{E/F_y}$	
	Lados de ángulos simples o dobles con separadores			
	Lados salientes de pares de ángulos en contacto continuo			
Elementos Rigidizados	Almas de perfiles "T" armados o rolados usados para vigas o columnas	h/t _w	Para $C_a \leq 0.125$ $2.45 \sqrt{E/F_y} * (1 - 0.93 C_a)$	
	Placas laterales de secciones laminadas "T" encajonados usados como vigas o columnas	h/t	Para $C_a > 0.125$ $0.77 \sqrt{E/F_y} * (2.93 - C_a)$ $\geq 1.49 \sqrt{E/F_y}$	
	Almas de secciones cajón armadas usados como vigas o columnas	h/t	Donde: $C_a = P_u / b * P_y$	

Fuente: (NEC- Estructuras de Acero, 2015)

3.3.2.1. Predimensionamiento de Vigas Principales

Para vigas principales se utilizará perfiles tipo I, para realizar el predimensionamiento se utilizará el modulo seccional, para obtener este valor se calculará la reacción y el momento.

Para determinar la carga que soportaran las vigas se usa la combinación cargas $W = 1.2CM + 1.6CV$, luego procederemos a multiplicar por el mosaico de cargas y dividiremos por la longitud de la viga.

Para la carga muerta y carga viva, se utilizan los pesos más críticos, que se encuentran en plantas de oficinas como se indica en el Cap. 3.2. – Cargas, en las Tablas 3.3 y 3.6 correspondiente a Cargas Muertas y Cargas Vivas.

$$CM = 0.435 \text{ ton/m}^2$$

$$CV = 0.250 \text{ ton/m}^2$$

Carga Uniforme

$$P = \frac{W * \textit{Area cooperante}}{\textit{Longitud}}$$

Reacción

$$Ru = \frac{WL}{2}$$

Momento máximo

$$Mu = \frac{WL^2}{12}$$

Modulo Seccional “G”.- para ello utilizaremos el valor de 2268 kg/cm^2

$$S = \frac{M}{G}$$

A continuación se representan los cálculos para las diferentes vigas principales en la Tabla 3.25.

Tabla 3.25.

Predimensionamiento de Vigas Principales

Tipo de Viga	longitud	Carga muerta	Carga Viva	W= 1.2CM+1.6CV	Area Coop	P	Ru	M	M	S
	m	ton/m2	ton/m2	ton/m2	m2	ton/m	ton-m	ton-m	kg-cm	cm3
Vp1	6.88	0.435	0.25	0.922	15.32	2.05	7.06	8.10	809663.98	356.99
Vp2	6.88	0.435	0.25	0.922	17.85	2.39	8.23	9.43	943374.80	415.95
Vp3	6.88	0.435	0.25	0.922	22.75	3.05	10.49	12.02	1202340.44	530.13
Vp4	6.14	0.435	0.25	0.922	10.23	1.54	4.72	4.83	482504.78	212.74
Vp5	6.14	0.435	0.25	0.922	18.9	2.84	8.71	8.91	891431.12	393.05
Vp6	6.14	0.435	0.25	0.922	9.45	1.42	4.36	4.46	445715.56	196.52
Vp7	5.9	0.435	0.25	0.922	15.26	2.38	7.03	6.92	691614.61	304.94
Vp8	5.9	0.435	0.25	0.922	17.85	2.79	8.23	8.09	808998.74	356.70
Vp9	5.9	0.435	0.25	0.922	17.99	2.81	8.29	8.15	815343.83	359.50
Vp10	3.98	0.435	0.25	0.922	4.78	1.11	2.20	1.46	146139.82	64.44
Vp11	3.98	0.435	0.25	0.922	9.57	2.22	4.41	2.93	292585.38	129.01
Vp12	3.98	0.435	0.25	0.922	8.73	2.02	4.02	2.67	266903.91	117.68

Elaborado por: Adriana Mena

De acuerdo con los valores de módulo de sección se tomaran los valores más representativos de las vigas principales a utilizar como son: Vp1, Vp3, Vp6, Vp10 y Vp11, indicados en la Tabla 3.26 y sus dimensiones se muestran en la Figura 3.8.

Tabla 3.26

Predimensionamiento de Vigas Principales de acuerdo al módulo de sección.

Viga	Sxx necesario	sxx cal	h	bf	tf	tw
	cm3	cm3	mm	mm	mm	mm
Vp1	356.99	374.72	300.00	120.00	8.00	8.00
Vp3	530.13	563.13	320.00	150.00	10.00	8.00
Vp6	196.52	208.20	220.00	120.00	8.00	6.00
Vp10	64.44	83.40	140.00	70.00	8.00	6.00
Vp11	129.01	129.04	150.00	100.00	8.00	8.00

Elaborado por: Adriana Mena

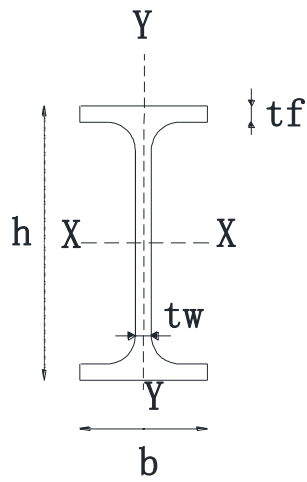


Figura 3.8. Dimensiones de Viga

Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.9 se representan el esquema de las vigas principales.

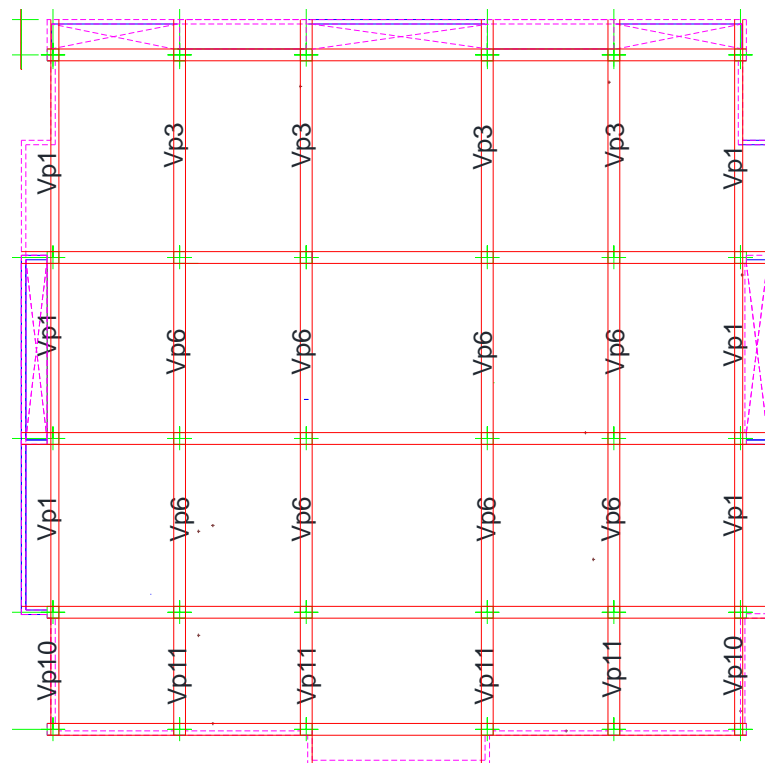


Figura 3.9. Esquema de Vigas Principales

Elaborado por: Adriana Mena

3.3.2.2. Predimensionamiento de Vigas Secundarias

En esta sección se utilizará vigas de sección tipo I. Se adoptarán los mismos principios que en las vigas principales, por lo que se determinarán las cargas a las que estarán sometidas las vigas, siendo estas cargas permanentes o muertas y cargas no permanentes o vivas, estas actuarán sobre el ancho cooperante de las vigas secundarias.

Las vigas secundarias estarán ubicadas en la dirección más corta y se calcularan de la misma manera que las vigas principales, como se muestra en la Tabla 3.27.

Tabla 3.27.

Predimensionamiento de Vigas Secundarias

Tipo de Viga	longitud	Carga muerta	Carga Viva	W= 1.2CM-1.6CV	Area Coop	P	Ru	M	M	S
	m	ton/m2	ton/m2	ton/m2	m2	ton/m	ton-m	ton-m	kg-cm	cm3
Vs1	4.3	0.435	0.25	0.922	4.65	1.00	2.14	1.54	153595.69	67.72
Vs2	4.3	0.435	0.25	0.922	8.92	1.91	4.11	2.95	294639.47	129.91
Vs3	6.15	0.435	0.25	0.922	10.7	1.60	4.93	5.05	505494.58	222.88
Vs4	4.3	0.435	0.25	0.922	7.52	1.61	3.47	2.48	248395.61	109.52
Vs5	6.15	0.435	0.25	0.922	10.3	1.54	4.75	4.87	486597.59	214.55
Vs6	6.15	0.435	0.25	0.922	17.34	2.60	7.99	8.19	819184.68	361.19
Vs7	4.3	0.435	0.25	0.922	4.62	0.99	2.13	1.53	152604.75	67.29
Vs8	6.15	0.435	0.25	0.922	15.67	2.35	7.22	7.40	740289.73	326.41

Elaborado por: Adriana Mena

De acuerdo con los valores de módulo de sección se tomaran los valores más representativos de las vigas secundarias a utilizar como son: Vs1, Vs2, Vs3 y Vs6, como se presenta en la Tabla 3.28.

Tabla 3.28.

Predimensionamiento de Vigas secundarias de acuerdo al módulo de sección.

Viga	Sxx necesario	sxx cal	h	bf	tf	tw
	cm3	cm3	mm	mm	mm	mm
Vs1	67.72	93.37	140.00	80.00	8.00	6.00
Vs2	129.91	134.29	160.00	100.00	8.00	6.00
Vs3	222.88	234.80	220.00	120.00	8.00	6.00
Vs6	361.19	377.23	260.00	120.00	10.00	10.00

Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.10 se representan el esquema de las vigas secundarias.

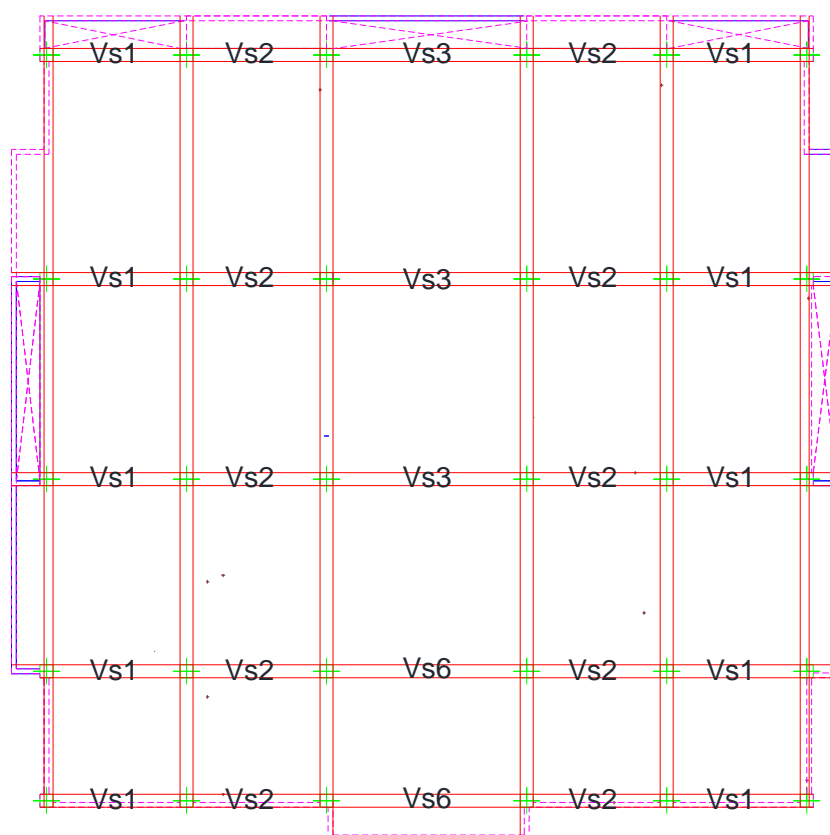


Figura 3.10. Esquema de Vigas Secundarias.

Elaborado por: Adriana Mena

3.3.2.3. Predimensionamiento de Viguetas

Las viguetas se colocarán de acuerdo a la longitud de las vigas principales a las que estarán simplemente apoyadas, estas secciones se analizarán como elemento compuestos.

Las viguetas se analizarán de la misma manera que las vigas principales y secundarias, para la obtención de áreas cooperantes de viguetas se utilizará la planta de oficinas debido a que esta es la más carga.

En la Tabla 3.29 se determina el número de viguetas.

Tabla 3.29.

Determinación del Número de Viguetas

Longitud	# de Espacios	Distancia entre Espacios	# Viguetas
6,88	5	1,376	4
6,14	4	1,54	3
5,9	4	1,48	3
3,98	3	1,33	2

Elaborado por: Adriana Mena

Las viguetas están ubicadas en la dirección más corta y se conectan con las vigas principales, determinado el mosaico de cargas para viguetas se obtiene el modulo seccional necesario para predimensionar las viguetas tal como se indica en la Tabla 3.30.

Tabla 3.30.

Predimensionamiento de Viguetas.

Tipo de Viga	longitud	Carga muerta	Carga Viva	W= 1.2CM-1.6CV	Area Coop	P	Ru	M	M	S
	m	ton/m2	ton/m2	ton/m2	m2	ton/m	ton-m	ton-m	kg-cm	cm3
Vg1	4.3	0.435	0.25	0.922	5.38	1.15	2.48	1.78	177708.56	78.35
Vg2	6.15	0.435	0.25	0.922	7.93	1.19	3.65	3.75	374632.90	165.18

Elaborado por: Adriana Mena

En la Tabla 3.31 se presentan las dimensiones de las viguetas.

Tabla 3.31.

Predimensionamiento de Viguetas de acuerdo al módulo de sección.

Viga	Sxx necesario	sxx cal	h	bf	tf	tw
	cm3	cm3	mm	mm	mm	mm
Vg1	78.35	85.36	150.00	100.00	5.00	5.00
Vg2	165.18	165.84	220.00	100.00	6.00	6.00

Elaborado por: Adriana Mena

3.3.3. Predimensionamiento de columnas

Las columnas están sometidas a cargas de flexo-compresión. Estos son elementos que soportan las cargas de los elementos horizontales como son las vigas y losas, entre otros elementos. Las columnas transmiten las cargas a las cimentaciones y estas al suelo que las contiene.

Por cuestiones económicas se utilizan las secciones disponibles en el mercado, siendo las secciones siguientes las más comunes:

- Secciones formadas por ángulos sencillos.
- Secciones formadas por ángulos espalda con espalda.
- Secciones Tipo I.
- Secciones huecas o tubulares.

- Con miembros armados.

En columnas se utilizan secciones comunes como indica la Figura 3.11.

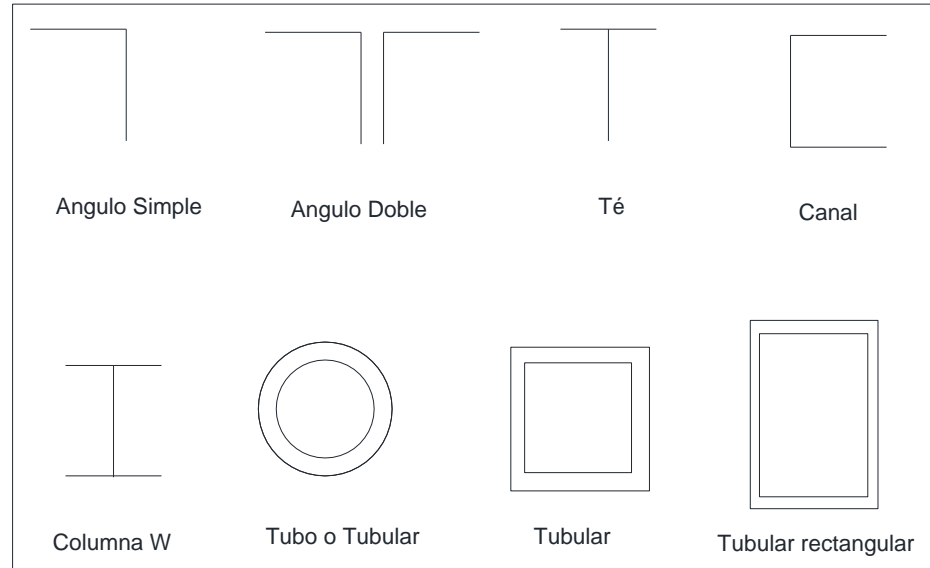


Figura 3.11. Secciones comunes utilizadas en columnas

Fuente: (NEC- Estructuras de Acero, 2015)

3.3.4. Modelación de la Estructura en el Programa Etabs

El programa Etabs es un programa de modelación de estructuras tales como son casas, edificios, etc. Este programa permite realizar un sistema integrando losas rígidas y flexibles, vigas, columnas, pórticos resistentes, e incluso muros de corte adicional de rampas y estructuras para parqueos, asignando materiales como el concreto, acero, madera, bloque, y mixtos.

Este programa permite generar modelos de sistemas de edificaciones de diferentes pisos, pórtico vertical y lateral, permitiendo el análisis y diseño de la estructura tanto en estado estático como dinámico.

El programa Etabs 2016 permite analizar detalladamente el comportamiento de la edificación ante diversas solicitaciones, obteniendo resultados de reacciones, cortes,

momentos y deformaciones que se deben interpretar de tal manera que se pueda optimizar el diseño de la estructura en cuanto a secciones y materiales.

Luego del predimensionado de los elementos de la edificación, se procede a ingresar los datos de los materiales que se utilizarán en la edificación.

3.3.4.1. Creación del Modelo en Etabs

Para comenzar con la modelación, se selecciona un nuevo modelo con el botón de File, new model, se definen las unidades en las que se va a trabajar, normalmente se utilizan las unidades en el sistema internacional (SI), en este proyecto utilizamos metro, kilogramo, segundo, como se muestra en la Figura 3.12.

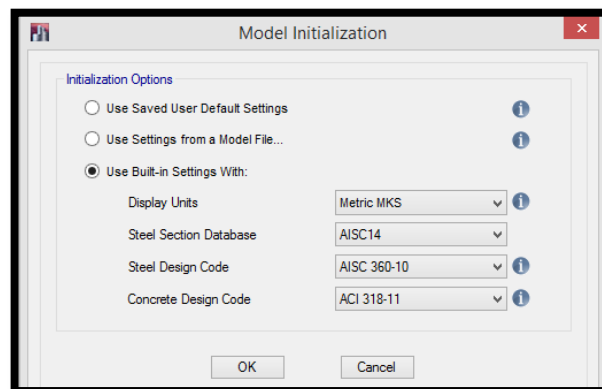


Figura 3.12. Selección de unidades.

Elaborado por: Adriana Mena

Después normar al archivo, y en el formulario se ingresan ciertos datos como el número de pisos, altura típica de pisos, número de ejes en el sentido X y Y, espaciamiento entre ejes, como se expone en la Figura 3.13.

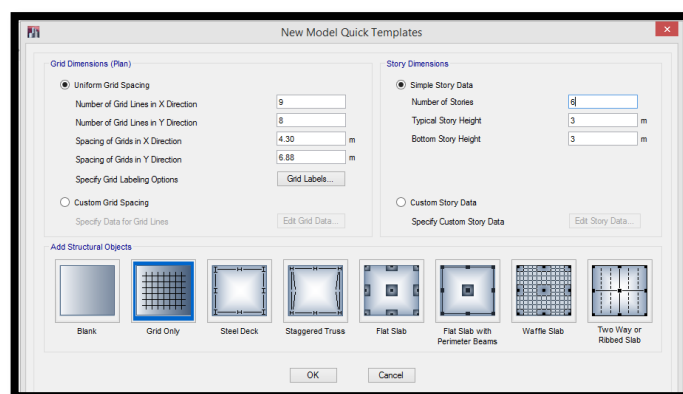


Figura 3.13. Definición de grillas en planta y altura.

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación, se editan las grillas, abrimos edit, seleccionar edit stories and grid systems, poner modify/show grid system ahí colocar las distancias exactas entre ejes tanto en X, Y y Z, como se presenta en la Figura 3.14.

Story	Height m	Elevation m	Master Story	Similar To	Splice Story	Splice Height m	Story Color
Story6	2.7	17.7	Yes	None	No	0	Blue
Story5	3	15	No	Story6	No	0	Green
Story4	3	12	No	Story6	No	0	Cyan
Story3	3	9	No	Story6	No	0	Red
Story2	3	6	No	Story6	No	0	Magenta
Story1	3	3	No	Story6	No	0	Yellow
Base		0					

Note: Right Click on Grid for Options

Figura 3.14. Editar grilla en altura y planta.

Elaborado por: Adriana Mena

Luego se asigna el tipo de material que se va a utilizar en los diversos elementos estructurales. Para el presente caso se usa el material de acero estructural A36 y hormigón $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$.

A continuación asignar las siguientes propiedades:

- Masa por unidad de volumen
- Peso por unidad de volumen

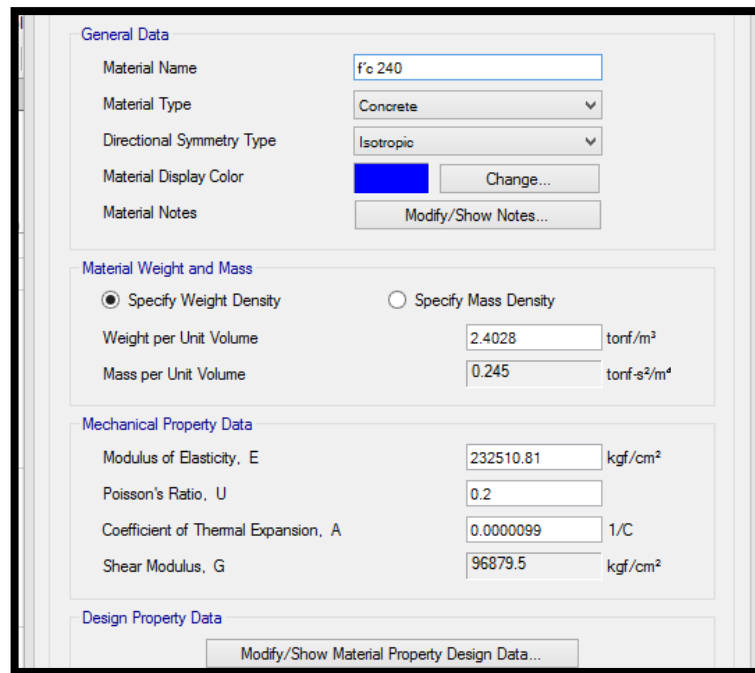
- Módulo de elasticidad
- Coeficiente de dilatación térmica lineal
- Resistencia a la fluencia

Para ingresar los datos seleccionar define, propiedades del material o material properties, add new materials, seleccionamos acero, Acero estructural A36 e ingresamos los datos del material, como se señala en la Figura 3.15.

Figura 3.15. Propiedades de Acero Estructural A-36.

Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.16 se ingresa las propiedades del hormigón $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$



General Data	
Material Name	f'c 240
Material Type	Concrete
Directional Symmetry Type	Isotropic
Material Display Color	Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass	
<input checked="" type="radio"/> Specify Weight Density	<input type="radio"/> Specify Mass Density
Weight per Unit Volume	2.4028 tonf/m³
Mass per Unit Volume	0.245 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data	
Modulus of Elasticity, E	232510.81 kgf/cm²
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000099 1/C
Shear Modulus, G	96879.5 kgf/cm²

Design Property Data	
Modify/Show Material Property Design Data...	

Figura 3.16. Propiedades del Concreto $f'_c = 240 \text{ kg/cm}^2$.

Elaborado por: Adriana Mena

Posteriormente se selecciona el tipo de sección que se va a utilizar tanto para vigas principales y secundarias, viguetas, columnas, losas deck y muros de corte.

En la barra de menú principal seleccionar define, section properties, luego señalar deck section para la losa deck, así como Frame section para vigas y columnas, así como para muros, como se presenta en la Figura 3.17.

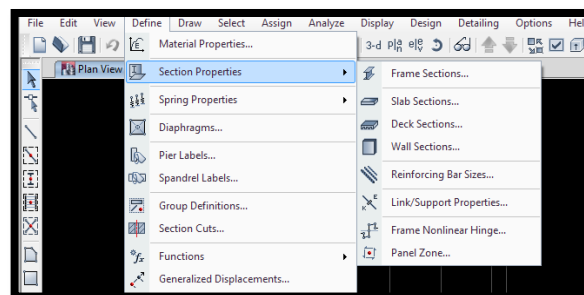


Figura 3.17. Definir propiedades de los elementos estructurales.

Elaborado por: Adriana Mena

Losa Deck.

Escoger deck section, posteriormente add new proprieties, colocar un nombre que en este caso será losa deck10cm, escogiendo fillet deck o losa llena. Después ingresar los valores correspondientes a la losa a utilizar como se indica en la Figura 3.18.

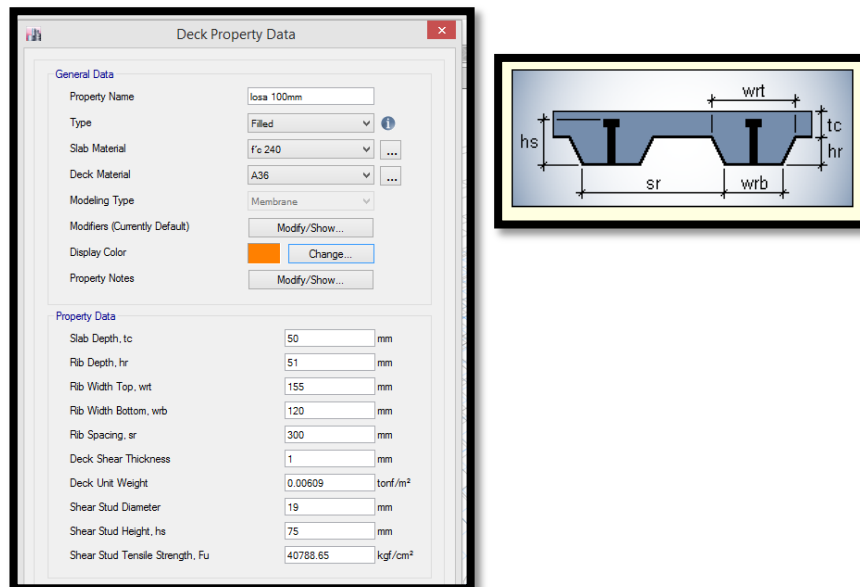


Figura 3.18. Propiedades de losa deck.

Elaborado por: Adriana Mena

Selección de Columnas y vigas

Nuevamente se selecciona Define, section properties, Frame Section, y el tipo de columna y vigas que se van a utilizar.

Para columnas se va a usar sección tubular, rellenas de hormigón $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ y en vigas y viguetas sección tipo I como se muestra en la Figura 3.19.

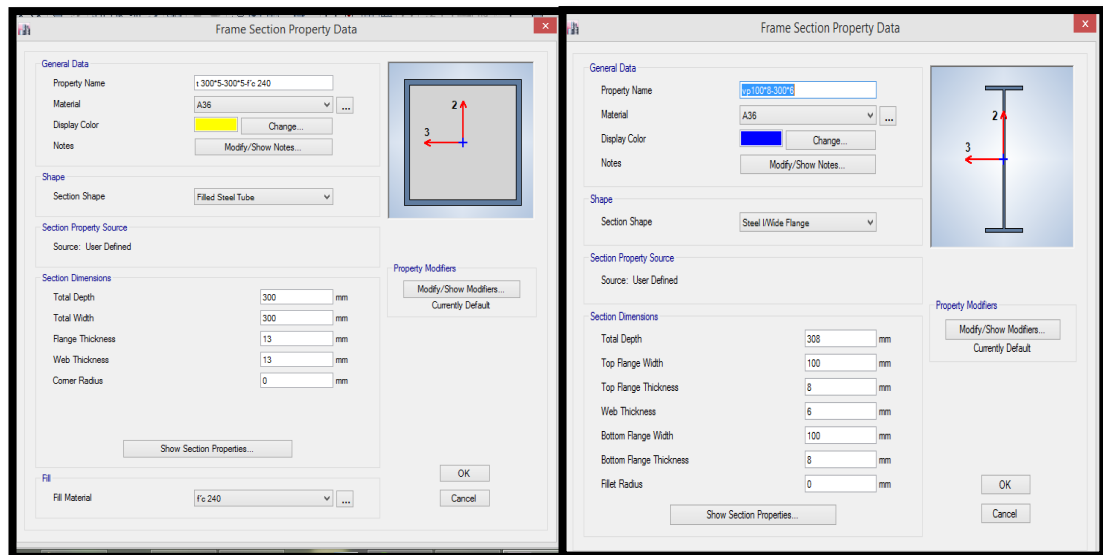


Figura 3.19. Selección de Columnas y Vigas.

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación definir los patrones de carga, define, patrones de carga o load patterns, ya están definidos dos tipos de cargas muerta y viva, el peso muerto ya incluye el peso propio de todos los elementos incorporados, agregar la carga sísmica en el sentido X y en el sentido Y, posteriormente modificar los coeficientes del sismo de carga lateral, como se presenta en la Figura 3.20.

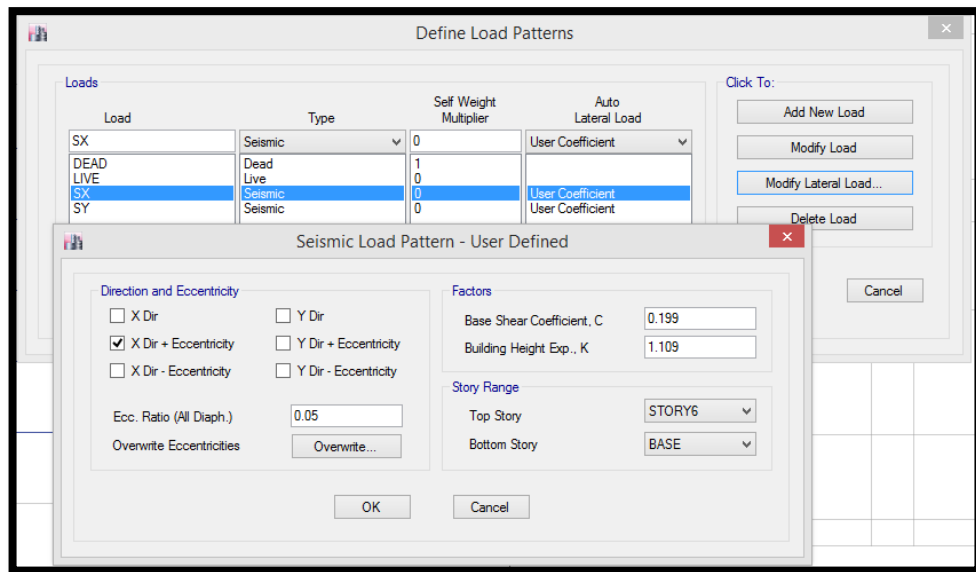


Figura 3.20. Definir patrones de cargas.

Elaborado por: Adriana Mena

Combinaciones de cargas, añadir varias combinaciones de carga, seleccionando define, load combinations, add new combo, e ingresar las diferente combinaciones de carga como se muestra en la Figura 3.21.

- 1.4 D
- 1.2 D + 1.6 L
- 1.2 D + L
- 1.2 D + L + SX
- 1.2 D + L + SY
- 1.2 D + L - SX
- 1.2 D + L - SY
- 0.9 D + SX
- 0.9 D + SY

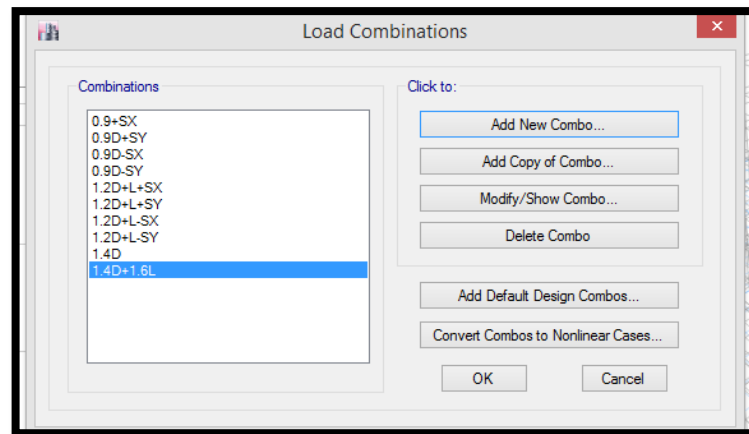


Figura 3.21. Combinación de Cargas

Elaborado por: Adriana Mena

El siguiente paso es definir nuestra Fuente de masa, es decir de dónde procede la masa y cuál es su cantidad, para lo cual se señala define, mass source, modify mass source, load pattern dead con un valor de 1 que representa 100% de carga muerta o carga reactiva como se presenta en la Figura 3.22.

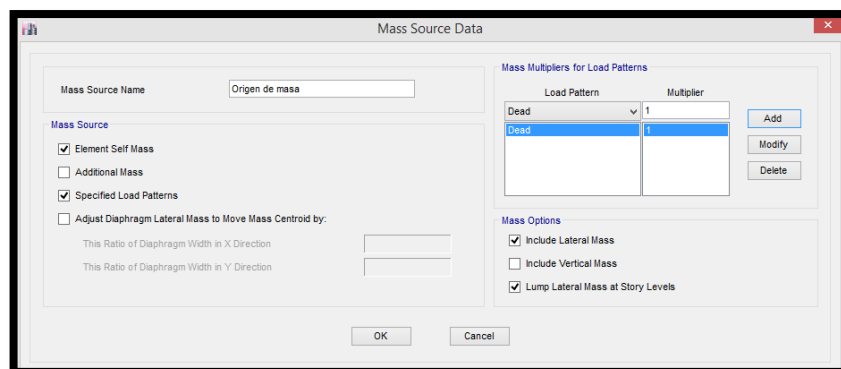


Figura 3.22. Fuentes de masas.

Elaborado por: Adriana Mena

Como siguiente paso se realizará el dibujo de los Elementos Estructurales en los ejes dados utilizando los comandos rápidos que se encuentran en el extremo izquierdo de la pantalla.

Para columnas se selecciona el icono de columna Quick Draw columns, después añadir las columnas anteriormente predeterminadas.

Antes de colocar las columnas, se debe observar hacia donde se encuentra el lado largo y el lado corto de la estructura, recordando ubicar el lado largo del perfil paralelo al lado corto de la edificación para soportar de mejor manera los movimientos sísmicos como se indica en la Figura 3.23.

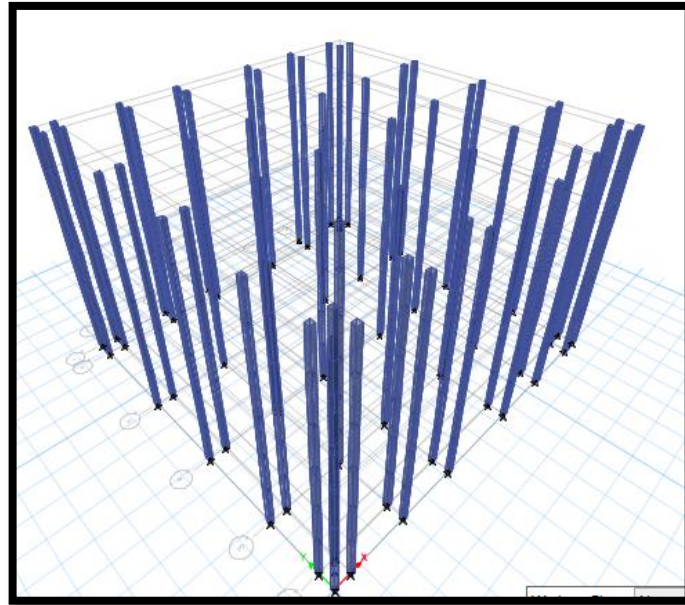


Figura 3.23. Implantación de Columnas.

Elaborado por: Adriana Mena

Luego se procede a graficar las vigas principales, secundarias, recordando que estas últimas deberán estar colocadas en el sentido x, que es donde se encuentran las luces de menor dimensión, como se muestra en la Figura 3.24.

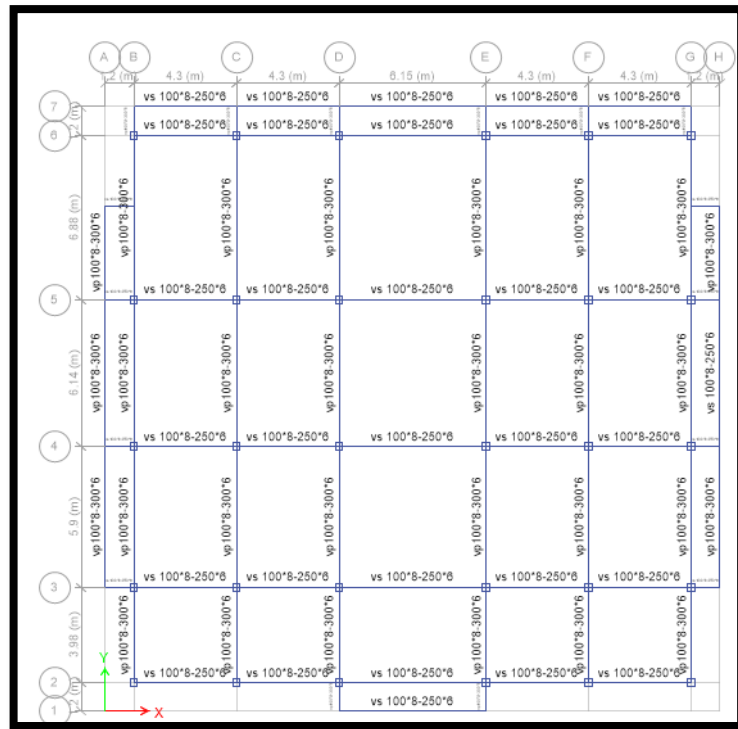


Figura 3.24. Implantación de Vigas Principales y secundarias.
Elaborado por: Adriana Mena

Para la colocación de las viguetas, vamos a tomar en cuenta las longitudes de vigas principales de tal forma que la distribución de las viguetas sea la más adecuada.

Las viguetas en este proyecto van a trabajar como elementos compuestos por lo que se van a liberar momentos en apoyos, tal como se manifiesta en la Figura 3.25.

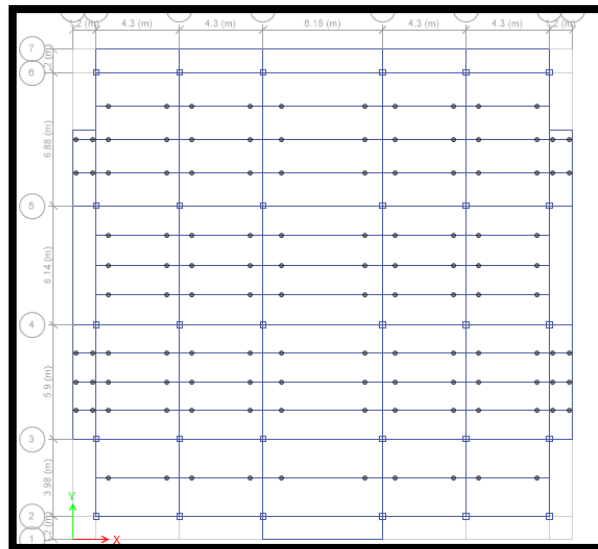


Figura 3.25. Implantación de Viguetas.

Elaborado por: Adriana Mena

Para graficar las losas se utiliza los iconos de comandos rápidos, ya sea dibujo rectangular o de manera indistinta, recordando que el peso de la losa debe estar colocado perpendicular a las viguetas, como se demuestra en la Figura 3.26.

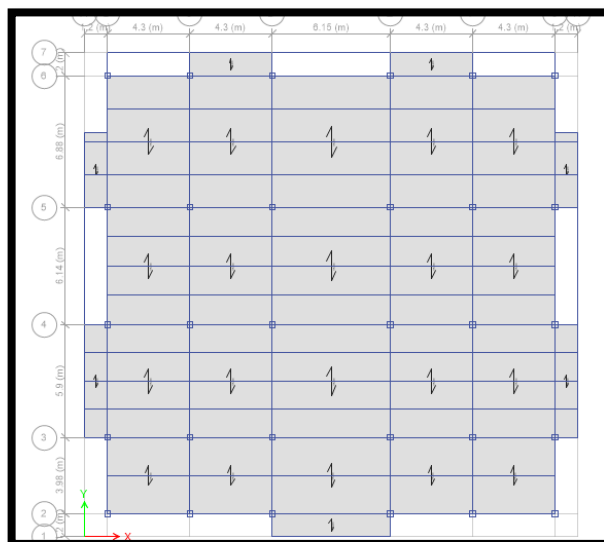


Figura 3.26. Implantación de losas.

Elaborado por: Adriana Mena

Para muros se debe graficar de similar manera que en losa deck, con la diferencia que estos se realizarán en vista de elevación, como presenta en la Figura 3.27.

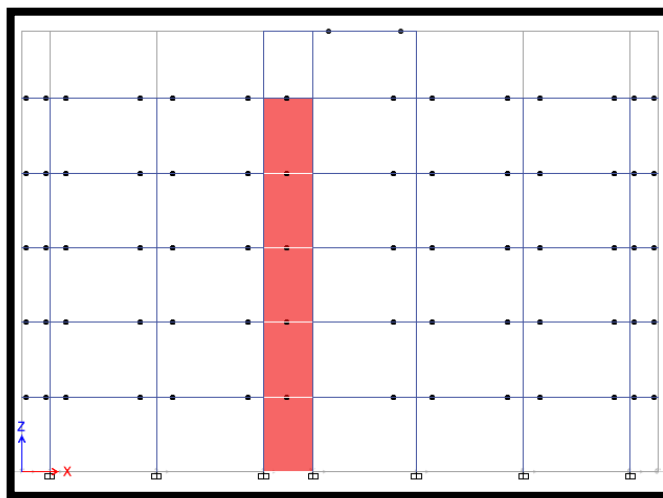


Figura 3.27. Implantación de muros.

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se asigna las restricciones o brazo rígido entre viga principal y columna. Para seleccionar columnas y vigas a la vez, tecleamos control G, asegurándose de que esté marcado All story, seleccionar columnas y vigas principales, luego assign, frame, end length offsets, dejando conexión automática por si en algún momento se cambia de sección el perfil, y factor de rigidez igual a 1, apply y ok, como se muestra en la Figura 3.28.

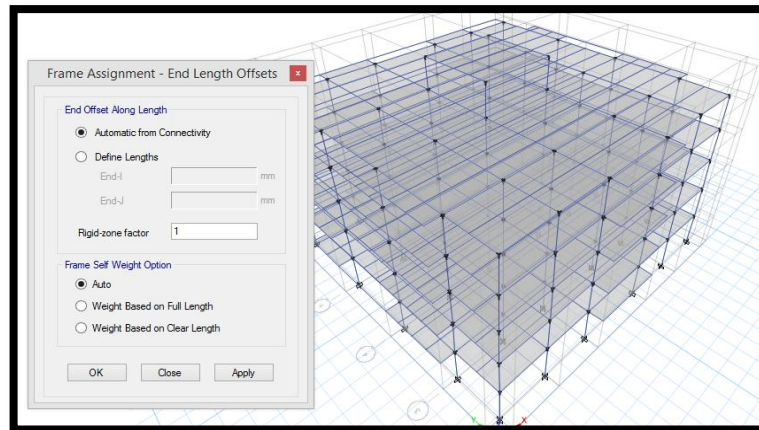


Figura 3.28. Asignación de brazo rígido viga columna.

Elaborado por: Adriana Mena

Ahora se crea el mesh, el mismo que permite subdividir en pequeñas unidades los elementos, esto es realizado para proporcionar un mejor resultado del análisis de nuestras losas y muros.

Para lo cual se selecciona los muros, asignar Shell y auto shell option, aquí se presentan varias opciones:

- No meshing
- Mesh object into esta opción permite ingresar las dimensiones deseadas.
- Auto mesh que proporciona unidades automáticamente el programa.

Para nuestro caso se ocupará valores de $1\text{m} * 1\text{m}$ que es el valor adecuado, además permite un análisis más fino y cuyo desarrollo será más rápido, como se indica en la Figura 3.29.

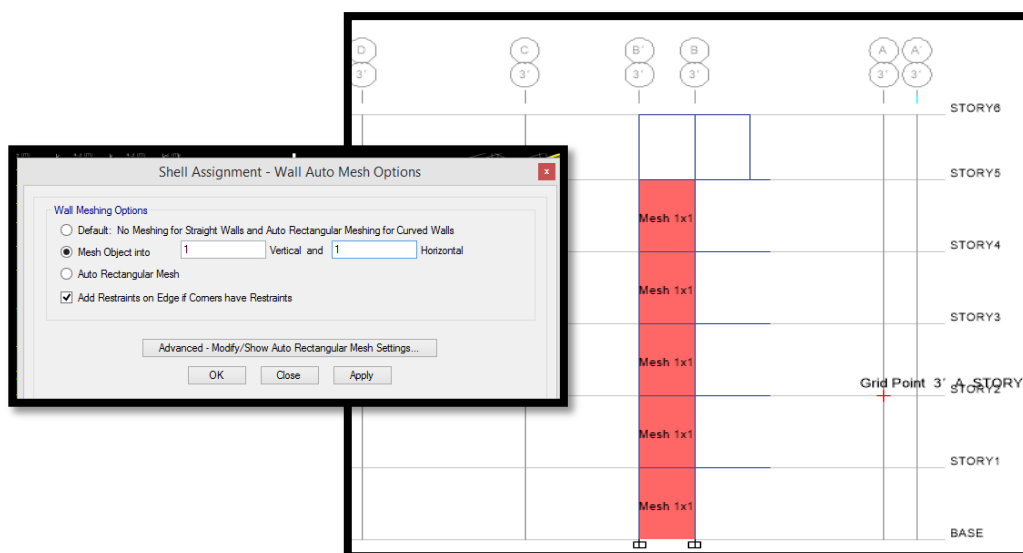


Figura 3.29. Creación de mesh en muros.

Elaborado por: Adriana Mena

Después se realiza el mismo procedimiento para las losas, colocando los mismos datos de los muros.

Luego se añaden las cargas adicionales que debe soportar la losa tal como son carga muerta (paredes, masillado, baldosa, cielo raso, elementos eléctricos y sanitarios, etc) y carga viva, tal como se indica en la Tabla 3.32.

Tabla 3.32.

Cargas de entrepiso adicionales.

CARGAS ADICIONALES				
No. PISO	USO	NIVEL	C. MUERTA (kg/m2)	C. VIVA (kg/m2)
SEXTO PISO	TAPAGRADA	17.70	40.00	100.00
QUINTO PISO	TERRAZA ACCESIBLE	15.00	97.97	200.00
CUARTO PISO	OFICINA	12.00	260.46	250.00
TERCER PISO	OFICINA	9.00	260.46	250.00
SEGUNDO PISO	OFICINA	6.00	260.46	250.00
PRIMER PISO	OFICINA	3.00	260.46	250.00
PLANTA BAJA	PARQUEADEROS	0.00	205.46	250.00

Elaborado por: Adriana Mena

En estas cargas adicionales no se toma en cuenta el peso propio de losa, columnas, vigas y viguetas. Por ende señalar la losa, luego seleccionar assign, Shell loads, uniform, escoger el tipo de carga Dead o live y colocar el valor correspondiente y apply, como indica la Figura 3.30.

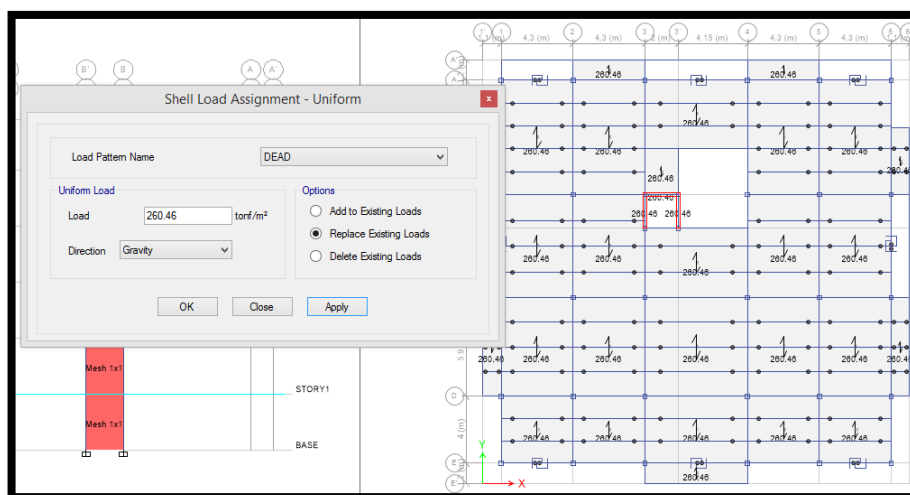


Figura 3.30. Asignación de cargas adicionales

Elaborado por: Adriana Mena

Empotramientos de columnas, ubicarse en la base de la edificación, asegurándose de que se encuentre asignado one story, seleccionar assign, joint, restraints, y restricción de movimiento en los tres sentidos en X, Y y Z.

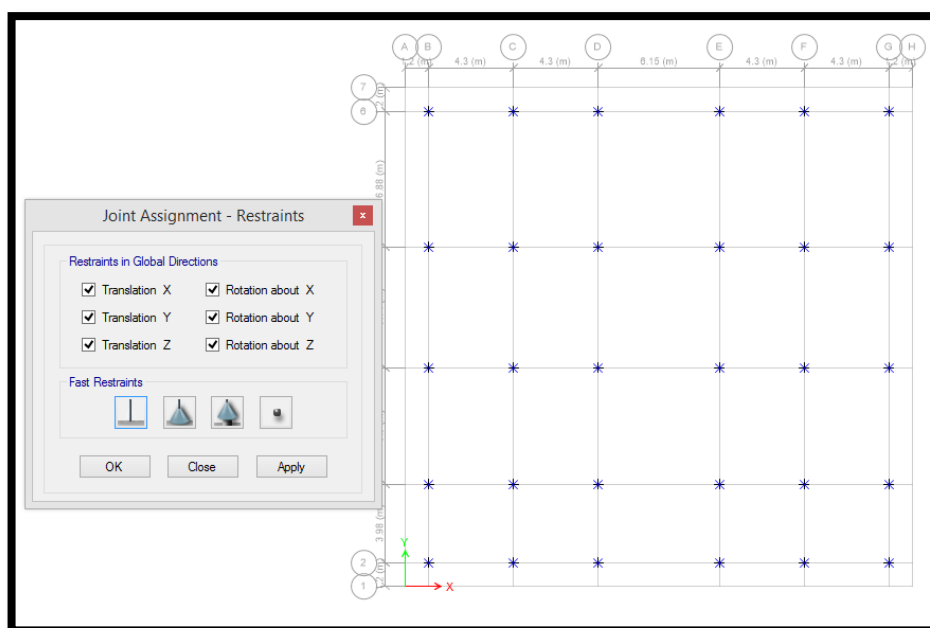


Figura 3.31. Asignar restricciones

Elaborado por: Adriana Mena

Como siguiente paso, se debe representar los diafragmas rígidos los cuales se colocarán en cada una de las losas, esto permite calcular la ubicación geométrica de los centros de masas de cada entrepiso, para este procedimiento se crearán nuevos diafragmas, seleccionando todo el entrepiso, poniendo assign, join, diaphragms, crear new diaphragms, rígido y nombrando a este diafragma, apply y automáticamente aparecerán en el entrepiso el centro de masas, tal como se muestra en la Figura 3.32.

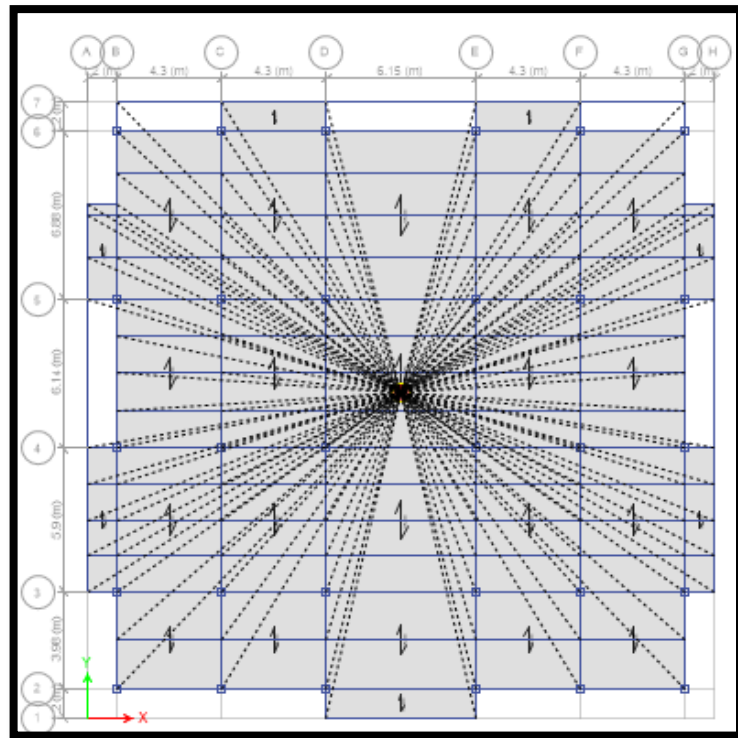


Figura 3.32. Diafragmas - Centro de Masa.

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se debe revisar que no exista ningún problema en el modelo antes de analizar, esto significa que no exista ningún elemento mal ubicado, duplicado, etc.

Para este procedimiento ponemos en analyze, check model y seleccionar todas las opciones para verificar cualquier error existente.

3.3.4.2. Diseño de Elementos Estructurales en Etabs.

Para realizar el diseño de los elementos estructurales vamos a utilizar los diferentes iconos que permiten diseñar elementos de acero, elementos de concreto, vigas compuestas, columnas compuestas, como se muestra en la Figura 3.33.

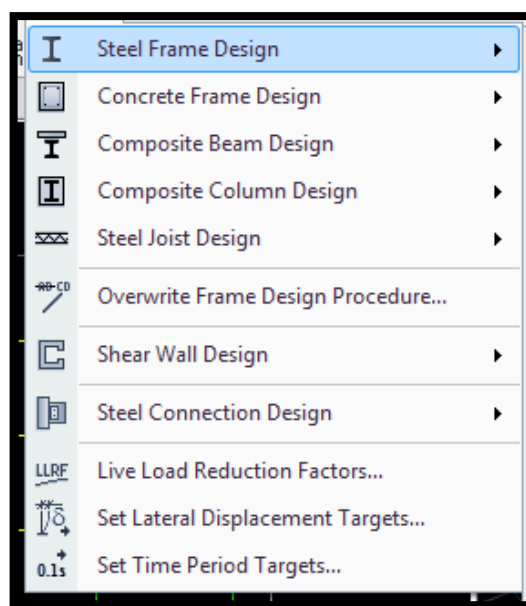


Figura 3.33. Iconos de diseño de elementos estructurales.

Elaborado por: Adriana Mena

De acuerdo a la Figura 3.34, se puede observar que las columnas están superando la resistencia al esfuerzo y las vigas ubicadas en los pisos inferiores superan la resistencia al esfuerzo y las vigas localizadas en los pisos superiores se encuentran sobre dimensionadas.

Como siguiente paso se debe seleccionar los elementos que fallan y cambiar secciones que cumplan con las condiciones anteriormente consideradas, de tal modo que se encuentren en un punto de equilibrio en el que no estén sobre dimensionadas, ni sub dimensionadas.

Para lo cual se presentan varias opciones, ya sea incluir muros en el interior de la edificación, aumentar secciones de columnas, vigas en los niveles inferiores y disminuir las secciones de vigas en los niveles superiores.

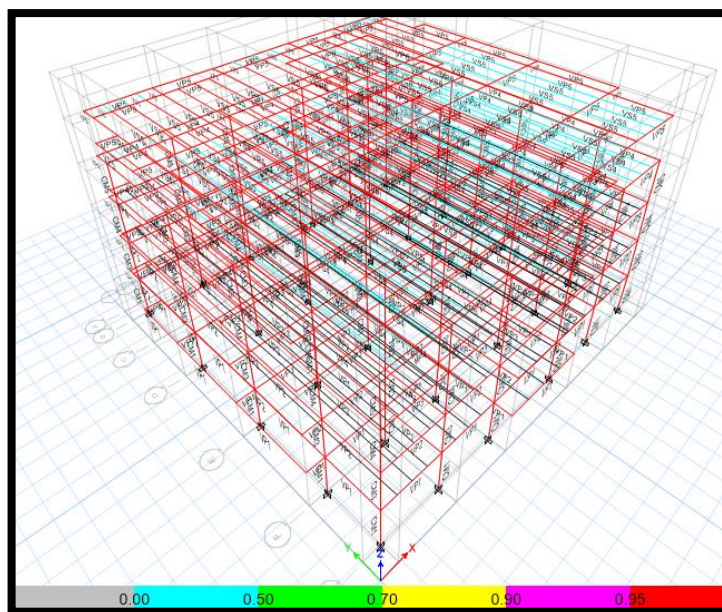


Figura 3.34. Resultado de diseño de Estructura.

Elaborado por: Adriana Mena

3.4. Evaluación de Fuerzas sísmicas

3.4.1. Evaluación de Fuerzas sísmicas estáticas

El método estático se utiliza en todo tipo de estructura como requisito mínimo de diseño estructural, como se indica en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC - SE- DS - Peligro Sísmico, 2015)

El análisis estático es la representación de solicitaciones sísmicas a través de fuerzas horizontales que actúan sobre cada nivel de la edificación.

3.4.2 Evaluación de Fuerzas sísmicas dinámicas

Este método permite conocer los desplazamientos y fuerzas aplicadas en la edificación, a través del análisis modal espectral,

Como siguiente paso se debe crear el espectro de respuesta para lo cual se selecciona define, function, response spectrum, se indica la norma técnica para el cálculo del espectro de diseño o a su vez se ingresa la función previamente calculado en hoja de Excel, a través de la función from file, add functions, se nombra la función y se elige browse que permite ingresar los datos a través del block de notas, tal como se presenta en la Figura 3.35.

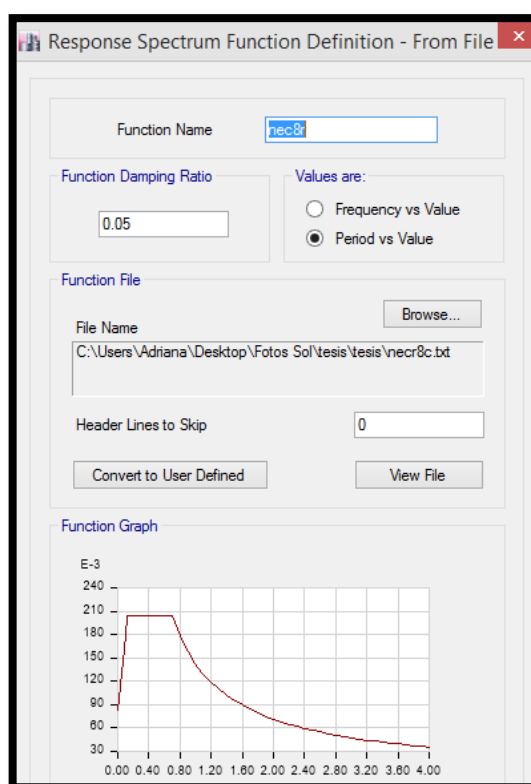


Figura 3.35. Espectro de Respuesta.

Elaborado por: Adriana Mena

Se debe incorporar el espectro de respuesta sísmica, por lo cual se selecciona define, load cases, donde se encuentran los patrones de cargas donde se cambia el tipo de caso de carga para sismo en X y sismo en Y, se encuentran como tipo de carga estática lineal por espectro de respuesta y agregar la función de aceleración, como se presenta en la Figura 3.36.

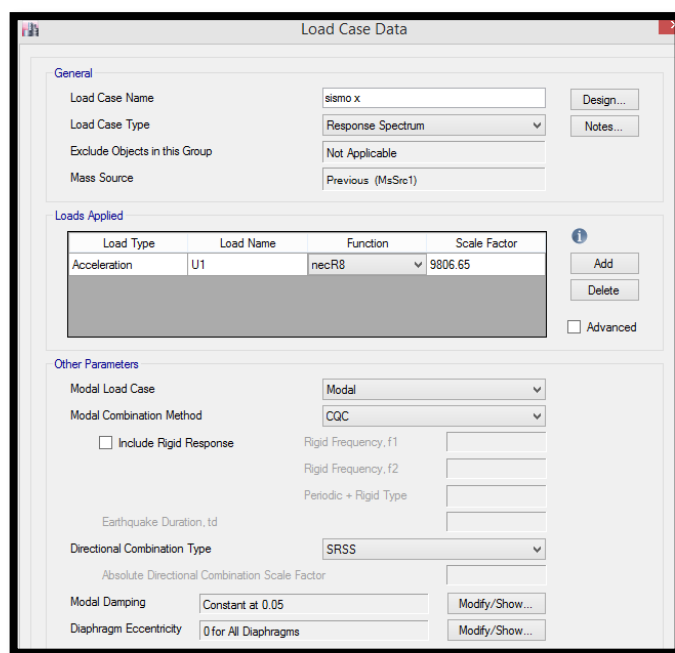


Figura 3.36. Incorporación del espectro de respuesta a los patrones de cargas en sismo.
Elaborado por: Adriana Mena

3.5. Cargas Reactivas por sismo W

Se adopta como carga reactiva por sismo igual al 100% de la Carga muerta, para todo tipo de edificación, a excepción de bodegas y almacenes que trabajaran con carga reactiva igual al 100% de carga muerta y 25% de carga viva.

Se compara los valores de cargas y fuerzas sísmicas determinados mediante una hoja de cálculo con los valores obtenidos con el programa Etabs 2016, tal como se compara en la Tabla 3.33 y la Tabla 3.34.

Tabla 3.33.

Carga reactiva, fuerzas gravitacionales y fuerzas sísmicas en estructura convencional.

CARGAS REACTIVA, CORTANTE BASAL Y FUERZAS SISMICAS						
USO	NIVEL	C. MUERTA	C. REACTIVA : 100 CM	Wi	Wi*hi	Fi
		T	T	T	T-m	T
TAPAGRADA	17.70	0.42	0.42	8.61	152.40	3.48
TERRAZA ACCESIBLE	15.00	0.43	0.43	239.16	3587.46	82.02
OFICINA	12.00	0.61	0.61	334.57	4014.79	91.79
OFICINA	9.00	0.61	0.61	333.71	3003.39	68.67
OFICINA	6.00	0.61	0.61	334.90	2009.38	45.94
OFICINA	3.00	0.61	0.61	333.58	1000.75	22.88
			TOTAL	1584.53		314.78

Elaborado por: Adriana Mena

Tabla 3.34.

Coefficiente sísmico y sumatoria de fuerzas gravitacionales en estructura convencional.

Auto Seismic - User Coefficients										
1	de 2	▶▶	▶▶	Reload	Apply					Auto Seismic -
Load Pattern	Type	Direction	Eccentricity %	Ecc. Overridden	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
EX	Seismic	X + Ecc. Y	5	<input type="checkbox"/>	STORY6	BASE	0.199	1.109	1574.666	313.3585
EY	Seismic	Y + Ecc. X	5	<input type="checkbox"/>	STORY6	BASE	0.199	1.109	1574.666	313.3585

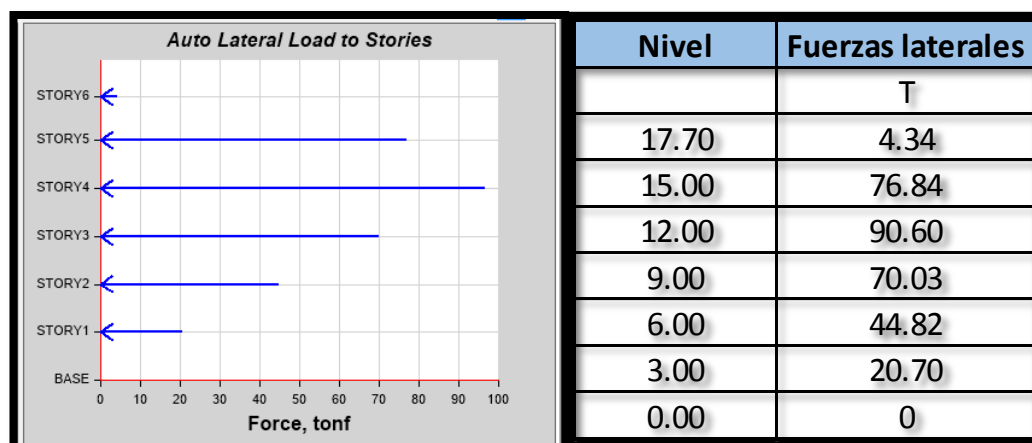
Elaborado por: Adriana Mena

Comparando la sumatoria de fuerzas gravitacionales del modelo como se indica en la tabla 3.34 con la sumatoria de fuerzas gravitacionales obtenida manualmente como se observa en la Tabla 3.33 se determina que los valores son similares.

A continuación se muestra la Tabla 3.35 que representa las fuerzas laterales.

Tabla 3.35.

Fuerzas Laterales en estructura convencional.



Elaborado por: Adriana Mena

Realizando una comparación entre las fueras laterales de la tabla 3.33 y de la tabla 3.35 se aprecia que los valores se asemejan en gran proporción, lo que indicah96u que los cálculos están realizados correctamente.

3.6. Deflexiones y desplazamientos

3.6.1. Reacciones Horizontales en la Base del Edificio en Estructura Convencional.

En la Tabla 3.36 se aprecian las reacciones las reacciones horizontales en la Base de la estructura en el caso de sismo en X.

Tabla 3.36.

Reacciones Horizontales en la Base del Edificio Sismo en X en modelo convencional

Story	Joing	Load Case	Fx (T)
BASE	1	SXE	-5.249
BASE	2	SXE	-5.736
BASE	3	SXE	-5.3678
BASE	4	SXE	-5.3678
BASE	5	SXE	-5.736
BASE	6	SXE	-5.249
BASE	7	SXE	-4.9914
BASE	8	SXE	-5.4533
BASE	9	SXE	-5.3221
BASE	10	SXE	-5.3271
BASE	11	SXE	-5.4632
BASE	12	SXE	-4.9965
BASE	13	SXE	-4.5758
BASE	14	SXE	-4.9685
BASE	15	SXE	-4.8578
BASE	16	SXE	-4.8582
BASE	17	SXE	-4.9722
BASE	18	SXE	-4.5803
BASE	19	SXE	-4.1425
BASE	20	SXE	-4.4944
BASE	21	SXE	-84.0778
BASE	22	SXE	-4.1449
BASE	23	SXE	-4.4635
BASE	24	SXE	-4.1425
BASE	28	SXE	-3.6158
BASE	29	SXE	-3.8107
BASE	30	SXE	-3.7559
BASE	31	SXE	-3.7571
BASE	32	SXE	-3.8134
BASE	33	SXE	-3.6175
BASE	167	SXE	-81.5238
BASE	168	SXE	-5.3699
BASE	170	SXE	-5.5568
		total	-314.78

Elaborado por: Adriana Mena

En la Tabla 3.37 se puede apreciar las reacciones horizontales en la base del Edificio en el caso de sismo en Y.

Tabla 3.37.

Reacciones Horizontales en la Base del Edificio Sismo en Y en modelo convencional

Story	Joing	Load Case	Fy (T)
BASE	1	SYE	-1.1221
BASE	2	SYE	-1.6771
BASE	3	SYE	-2.2202
BASE	4	SYE	-3.0027
BASE	5	SYE	-3.5541
BASE	6	SYE	-4.0957
BASE	7	SYE	-1.2581
BASE	8	SYE	-2.1461
BASE	9	SYE	-2.8613
BASE	10	SYE	-3.8704
BASE	11	SYE	-4.6227
BASE	12	SYE	-4.3578
BASE	13	SYE	-1.1252
BASE	14	SYE	-2.3277
BASE	15	SYE	-3.5156
BASE	16	SYE	-4.2255
BASE	17	SYE	-5.0363
BASE	18	SYE	-4.1234
BASE	19	SYE	-1.0867
BASE	20	SYE	-2.2758
BASE	21	SYE	-48.839
BASE	22	SYE	-4.1403
BASE	23	SYE	-4.9178
BASE	24	SYE	-4.2688
BASE	28	SYE	-1.0588
BASE	29	SYE	-1.8338
BASE	30	SYE	-2.4992
BASE	31	SYE	-3.3141
BASE	32	SYE	-3.9091
BASE	33	SYE	-3.7956
BASE	167	SYE	-49.520
BASE	168	SYE	-54.442
BASE	170	SYE	-72.314
		total	-314.78

Elaborado por: Adriana Mena

En conclusión las reacciones en la base del edificio de sismo en X como en Y se encuentran cercanos con el valor de la sumatoria de la tabla 3.33, de tal forma que el modelo se encuentra correctamente realizado.

3.6.2. Control de Derivas de Piso

Se debe recordar que las derivas inelásticas máximas de piso no debe ser mayores del 2%, y se calculara con la siguiente formula:

$$\Delta M = 0.75 * R * \Delta E * 100$$

Dónde:

R= Factor de Reducción de Resistencia

ΔE = Deriva Elástica

A continuación se muestran los valores de derivas de piso en la Tabla 3.38 para el caso de sismo estático y dinámico en X.

Tabla 3.38.

Derivas de Piso en Sismo en X, modelo convencional.

Story	Deriva Elástica Estática	Deriva Inelástica Estática	Deriva Elástica Dinámica	Deriva Inelástica Dinámica	ΔM	Observación
STORY6	0.002001	0.012006	0.0011	0.007	0.02	ok
STORY5	0.003108	0.018648	0.002527	0.015	0.02	ok
STORY4	0.003237	0.019422	0.003126	0.019	0.02	ok
STORY3	0.003126	0.018756	0.003233	0.019	0.02	ok
STORY2	0.002527	0.015162	0.003108	0.019	0.02	ok
STORY1	0.00113	0.00678	0.002	0.012	0.02	ok

Elaborado por: Adriana Mena

En la Tabla 3.39 se presentan los valores de Derivas de Piso en sismo estático y dinámico en Y.

Tabla 3.39.

Derivas de Piso en Sismo en Y, modelo convencional.

Story	Deriva Elástica Estática	Deriva Inelástica Estática	Deriva Elástica Dinámica	Deriva Inelástica Dinámica	ΔM	Observación
STORY6	0.001752	0.0092	0.000564	0.003	0.02	ok
STORY5	0.00275	0.0144	0.000754	0.004	0.02	ok
STORY4	0.002865	0.0150	0.000765	0.004	0.02	ok
STORY3	0.002781	0.0146	0.000686	0.004	0.02	ok
STORY2	0.002293	0.0120	0.000546	0.003	0.02	ok
STORY1	0.001093	0.0057	0.001314	0.007	0.02	ok

Elaborado por: Adriana Mena

3.7. Corrección del Cortante Basal Estático y Dinámico.

De acuerdo a la norma NEC- SE-DS – Peligro Sísmico, menciona que el valor de cortante dinámico en la base no debes ser menor al 85% del cortante Basal estático, para estructuras irregulares.

A través del programa etabs se obtendrá el peso reactivo de la estructura, así como los cortantes sísmicos dinámicos se muestra a continuación en la tabla 3.40.

Tabla 3.40.

Fuerzas Cortantes en modelo convencional antes de la corrección del Cortante del Cortante Basal Estático y Dinámico.

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	tonf	Tonf	tonf
DEAD	0	0	1612.56
SXD Base	171.91	79.97	0
SYD Base	79.97	211.23	0

Elaborado por: Adriana Mena

$$V_e = 1612.56 * 0.199$$

$$V_e = 320.90 \text{ Ton}$$

Con los valores obtenidos en el programa de Sismo dinámico en la base en el sentido X y Y, se calcula el factor de corrección haciendo una relación entre el cortante estático y el cortante dinámico como se muestra a continuación:

$$f_c = \frac{V_{estatico}}{V_{Sismo\ dinamico}}$$

$$f_{cx} = \frac{320.90}{171.91}$$

$$f_{cx} = 1.87$$

$$f_{cy} = \frac{320.90}{211.23}$$

$$f_{cy} = 1.52$$

Dado que los factores f_{cx} y f_{cy} son mayores a 1, se debe corregir el cortante, esto se puede realizar seleccionando define, load cases, response Spectrum, aquí se

multiplicará el valor de 9,81 por el factor de corrección, esto va a permitir una buena distribución de fuerzas en la edificación, en la tabla 3.41 se muestran los cortantes en la base corregidos.

Tabla 3.41.

Fuerzas Cortantes en modelo convencional después de la corrección del Cortante del Cortante Basal Estático y Dinámico.

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	tonf	Tonf	tonf
DEAD	0	0	1612.56
SXD Base	321.47	149.53	0
SYD Base	121.54	321.06	0

Elaborado por: Adriana Mena

Chequeo de Muro de Corte

Se debe verificar la demanda/capacidad de los muros de corte, se encuentren por debajo del 95%, dentro del rango normal y su armado sea adecuado, tal como se muestra en la Tabla 3.42.

Tabla 3.42.

Verificación demanda/capacidad en muros de corte.

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY	Sum RZ
		sec			
Modal	1	0.761	0.1985	0.0201	0.5023
Modal	2	0.486	0.4597	0.4268	0.5444
Modal	3	0.455	0.709	0.7048	0.7268
Modal	4	0.198	0.7494	0.7106	0.8501
Modal	5	0.118	0.8406	0.733	0.8671
Modal	6	0.108	0.8922	0.8948	0.8897
Modal	7	0.084	0.9024	0.9096	0.8948
Modal	8	0.076	0.9089	0.9148	0.9076
Modal	9	0.057	0.9142	0.9156	0.9159
Modal	10	0.051	0.9344	0.9234	0.9271
Modal	11	0.047	0.941	0.9341	0.9312
Modal	12	0.044	0.946	0.9475	0.9452
Modal	13	0.041	0.9493	0.9483	0.9464
Modal	14	0.033	0.9545	0.9526	0.9501

Elaborado por: Adriana Mena

3.8. Cortes y momentos

Para revisar los cálculos de la estructura se debe ubicar en una sección intermedia, en el plano de elevación, para esto se selecciona el eje 4 en sentido Y y en el eje C en sentido X, primeramente se revisa las cargas muertas, vivas, sismo en X y en Y.

Carga muerta - Cortes

En la Figura 3.37 se presentan los diagramas de corte en el eje 4, en carga muerta.

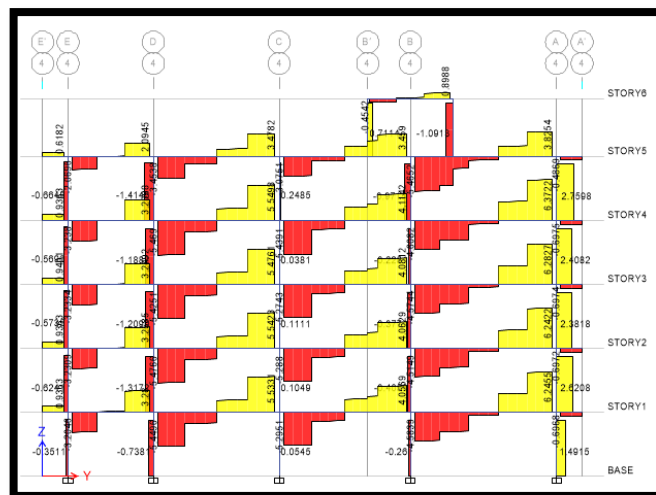


Figura 3.37. Cortes de carga muerta en el eje 4 en Estructura Convencional.

Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.38 se presentan los diagramas de corte en el eje C, para carga muerta.

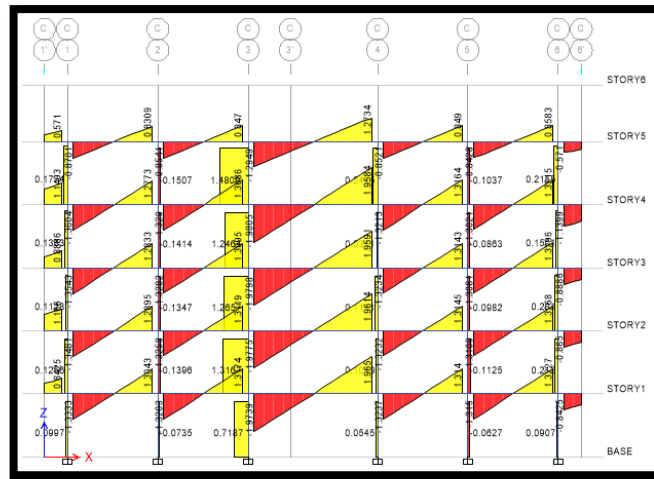


Figura 3.38. Cortes de carga muerta en el eje C en Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

Momentos

A continuación se muestra en la Figura 3.39 los diagramas de momentos de carga muerta en el eje 4.

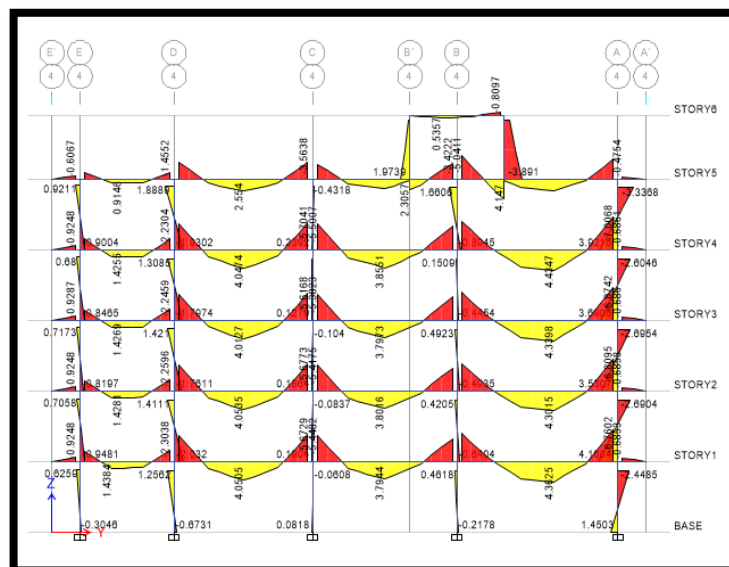


Figura 3.39. Momentos de carga muerta en el eje 4 en Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

Se puede apreciar en la Figura 3.40 los diagramas de momentos para carga muerta en el eje C.

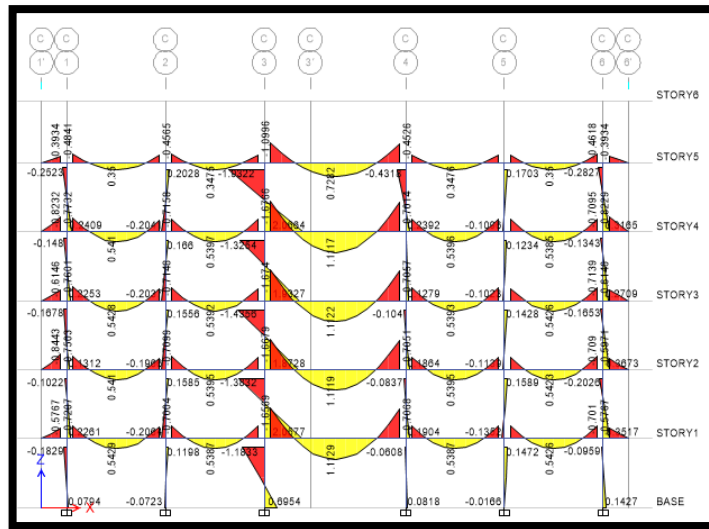


Figura 3.40. Momentos de carga muerta en el eje C en Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

Carga viva - Cortes

Los diagramas de cortes para cargas vivas para el eje 4 se presentan en la Figura 3.41.

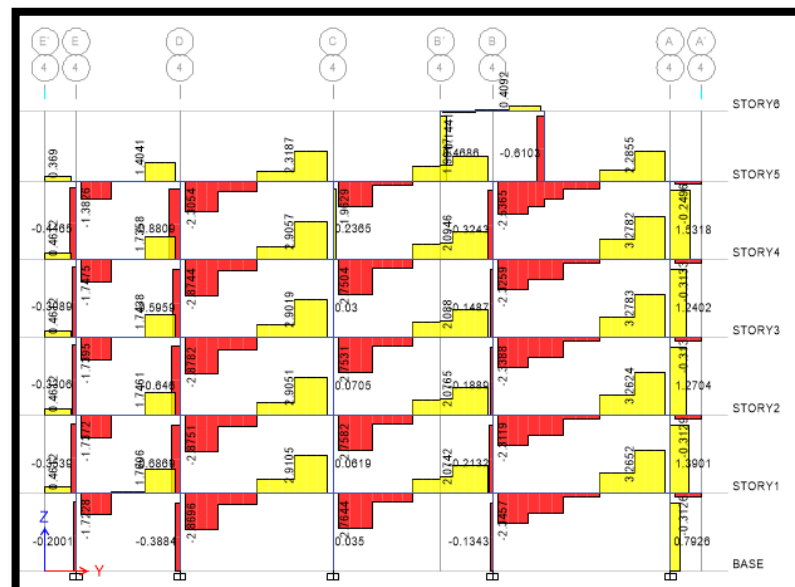


Figura 3.41. Diagrama de Cortes en carga viva para el eje 4 en Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

De la misma manera se muestran los diagramas de corte para carga viva en el eje C, como se indica en la Figura 3.42.

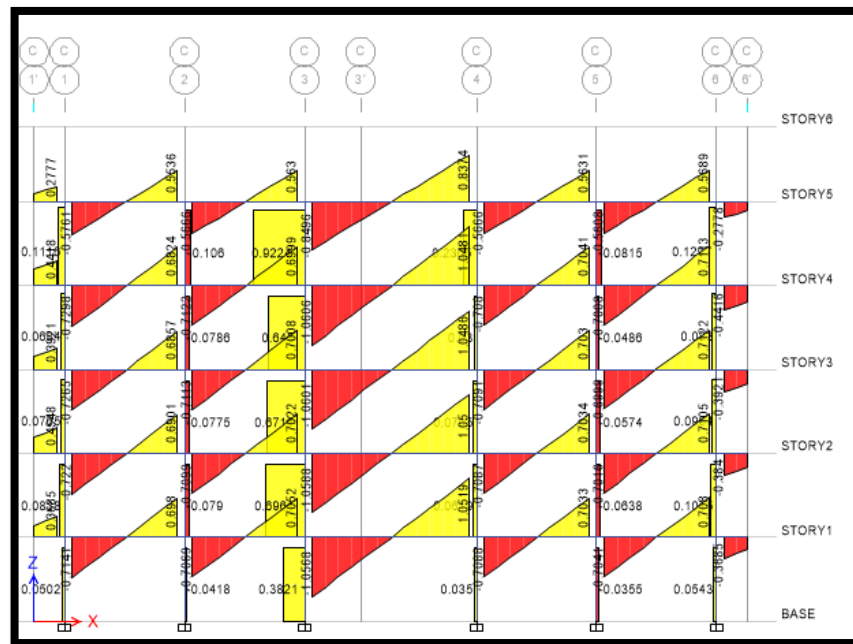


Figura 3.42. Diagramas de Cortes de carga viva en el eje C para la Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

Momentos

Para momentos en cargas vivas se presentan los diagramas en el eje 4, como se muestra en la Figura 3.43.

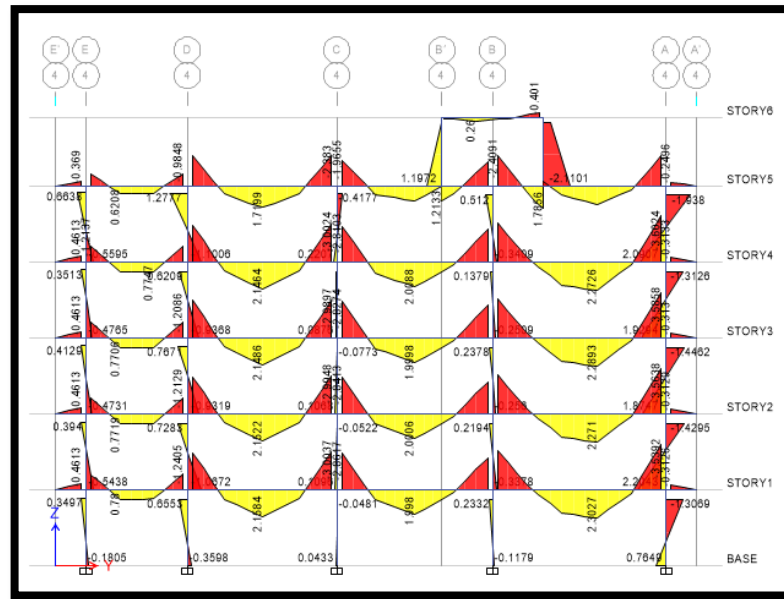


Figura 3.43. Momentos de carga viva en el eje 4 Estructura Convencional.

Elaborado por: Adriana Mena

Los diagramas de momentos de carga viva en el eje C, se manifiestan en la Figura 3.44.

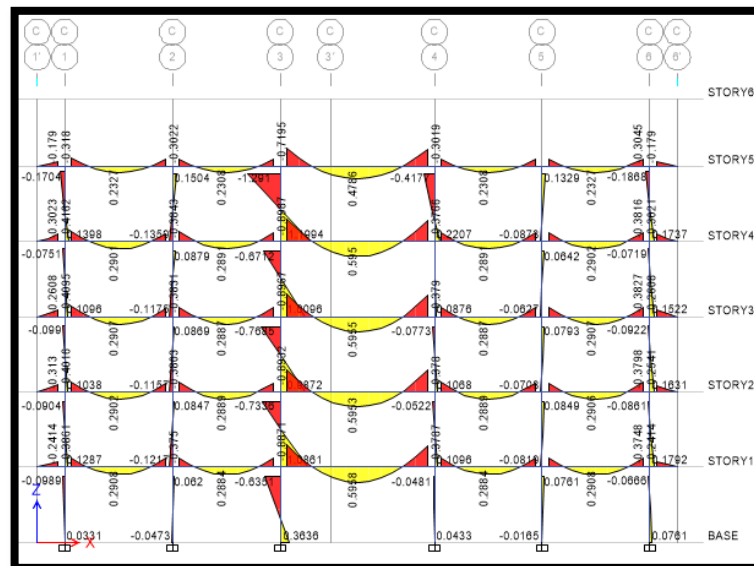


Figura 3.44. Momentos de carga viva en el eje C Estructura Convencional.

Elaborado por: Adriana Mena

Carga sísmica - Cortes

Se muestran los diagramas de cortes para carga sísmica en sentido X en el eje 4, en la Figura 3.45.

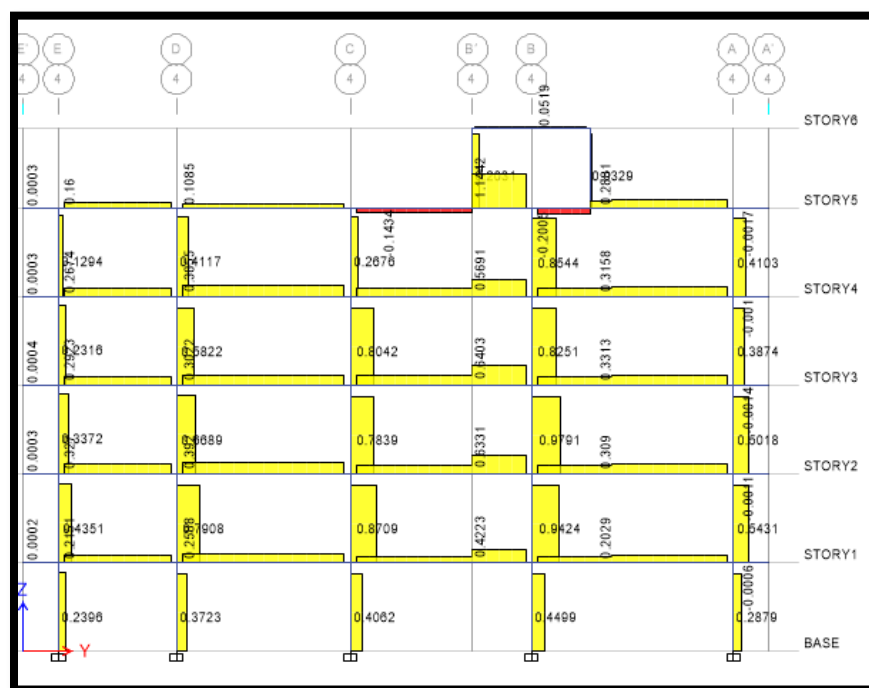


Figura 3.45. Cortes de carga sismo x en el eje 4 Estructura Convencional.

Elaborado por: Adriana Mena

Como se muestra en la Figura 3.46 se representan los diagramas de corte, para carga sísmica en el sentido X en el eje C.

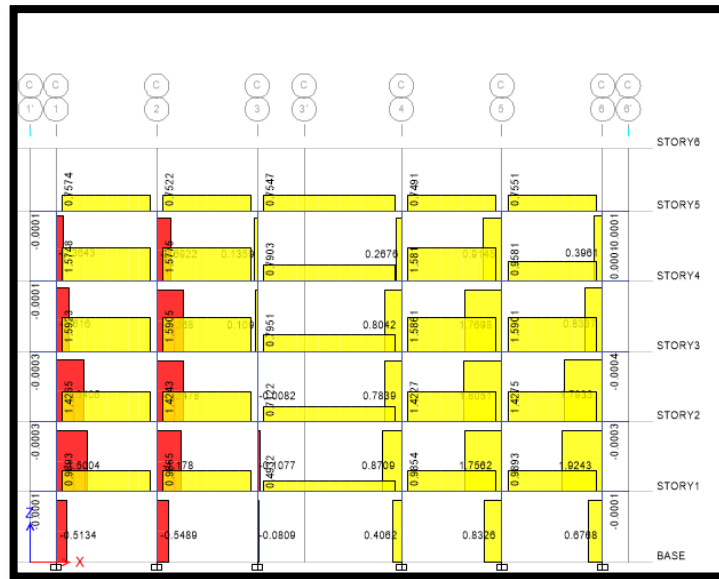


Figura 3.46. Cortes de carga sismo x en el eje C Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

Como se expresa en la Figura 3.47 se puede observar los diagramas de corte de carga sísmica en el sentido Y para el eje 4.

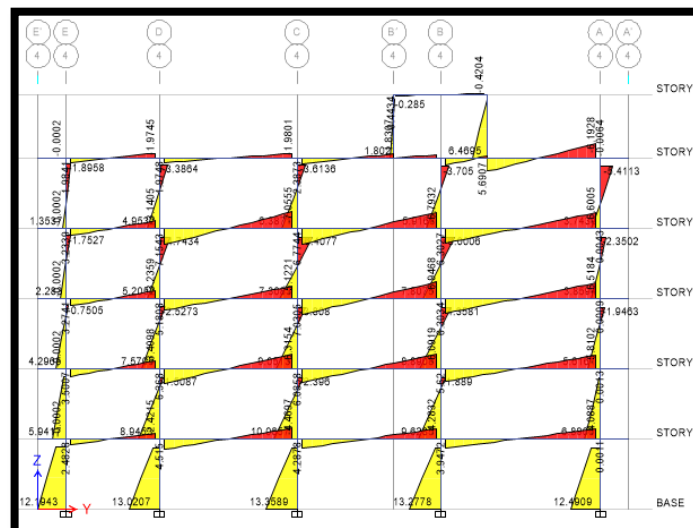


Figura 3.47. Cortes de carga sismo y en el eje 4 Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

De igual manera se presentan los diagramas de corte para carga sísmica en el Sentido Y para el eje C, tal como se muestra en la Figura 3.48.

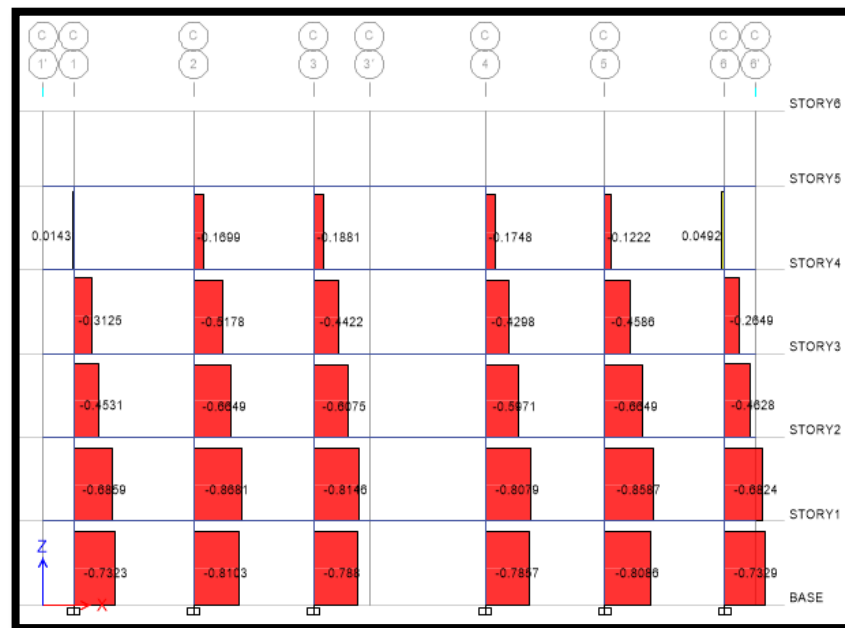


Figura 3.48. Cortes de carga sismo y en el eje C Estructura Convencional.

Elaborado por: Adriana Mena

Momentos

En la Figura 3.49 se indican los diagramas de momentos para cargas sísmicas en el sentido X para el eje 4.

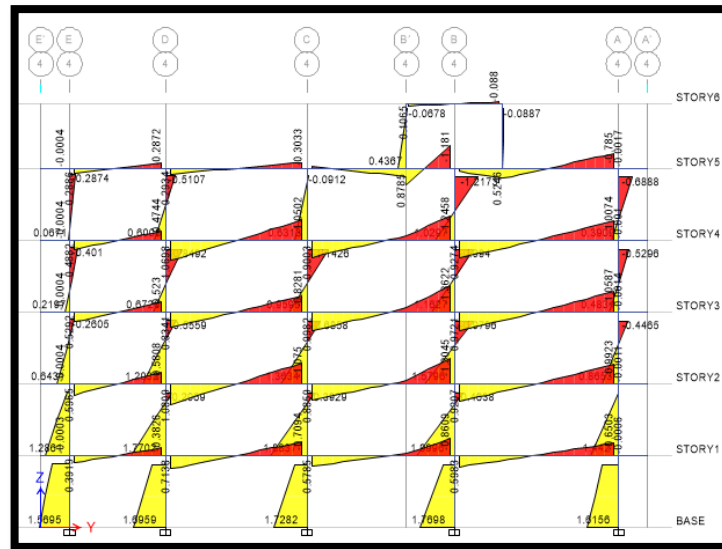


Figura 3.49. Diagramas de Momentos de carga sismo x en el eje 4 Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.50 se representa los momentos de cargas sísmicas en el sentido X, en el eje C.

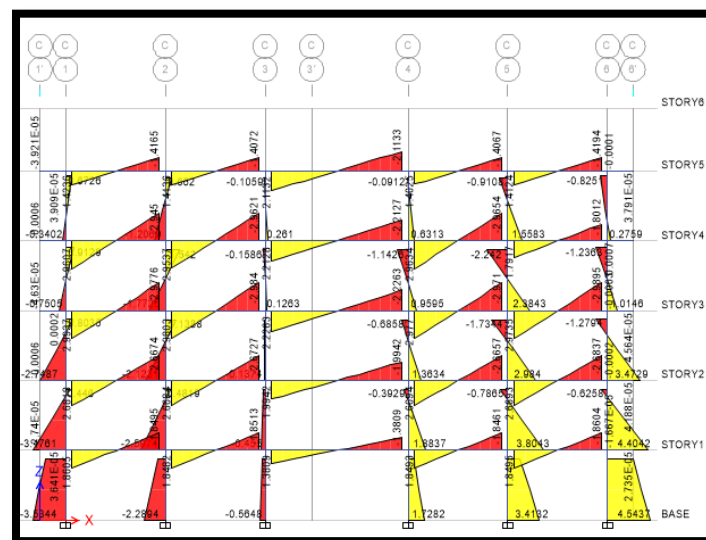


Figura 3.50. Diagramas de Momentos de carga sismo x en el eje C Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

Los momentos para cargas sísmicas en el sentido Y para el eje 4 se muestra en la Figura 3.51.

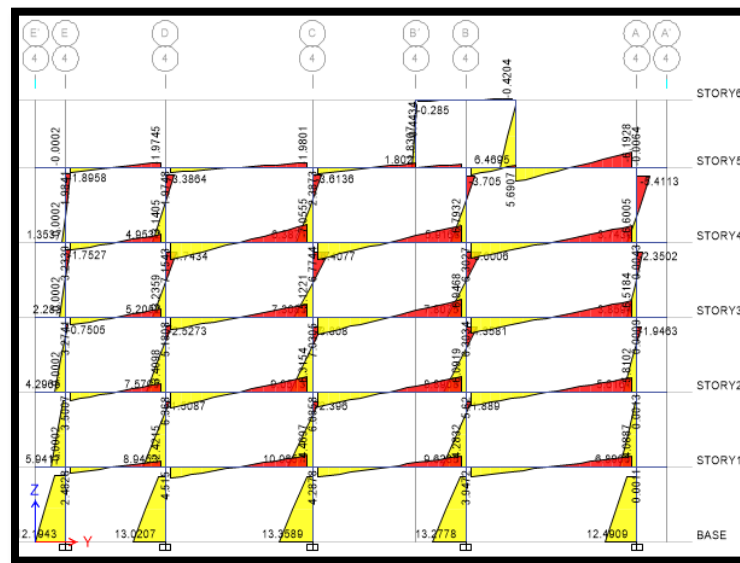


Figura 3.51. Diagramas de Momentos de carga sismo y en el eje 4 Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

Para el eje C los diagramas de momentos de cargas sísmicas en el sentido Y, se muestran en la Figura 3.52.

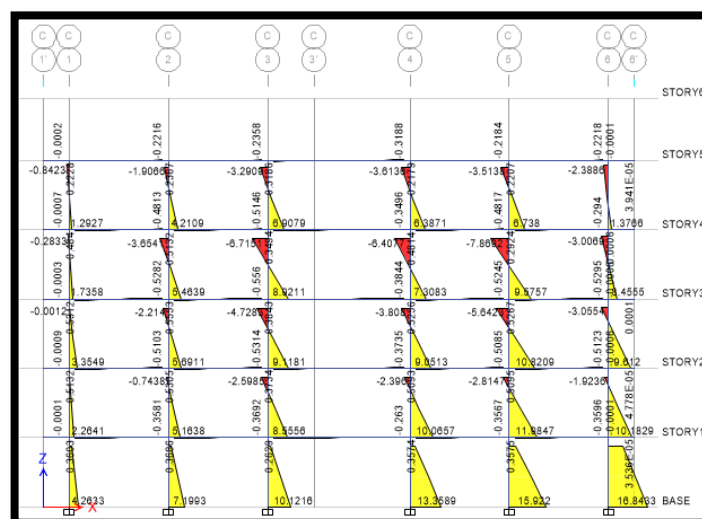


Figura 3.52. Momentos de carga sismo y en el eje C en Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

Envolvente - Cortes

En la Figura 3.53 se muestra el diagrama de Corte para el caso envolvente en el eje 4.

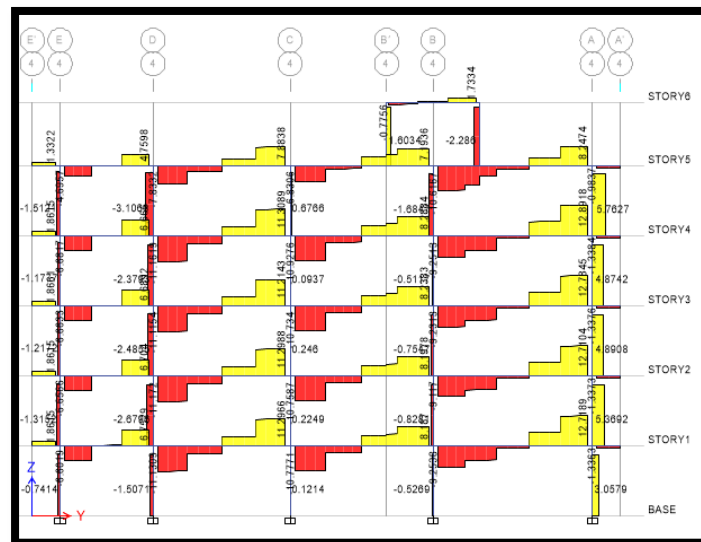


Figura 3.53. Cortes de envolvente en el eje 4 Estructura Convencional.

Elaborado por: Adriana Mena

De la misma manera se representan en la Figura 3.54 los diagramas de corte de envolvente en el eje C.

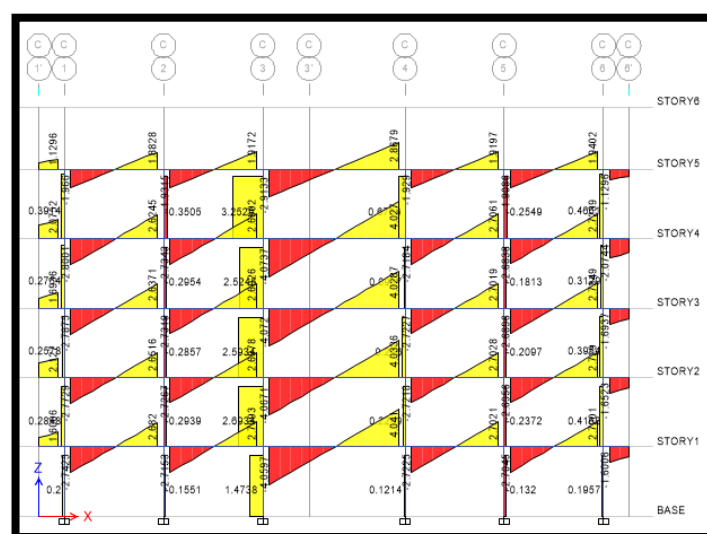


Figura 3.54. Cortes de envolvente en el eje C Estructura Convencional.

Elaborado por: Adriana Mena

Momentos

A continuación se muestra la Figura 3.55 representando los diagramas de momento en envoltorio para el eje 4.

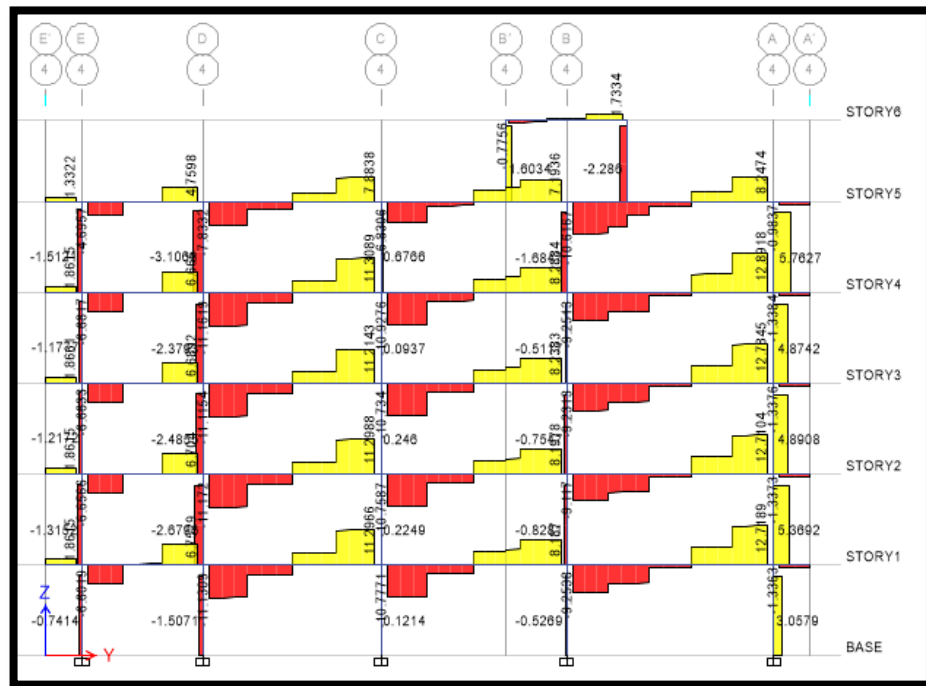


Figura 3.55. Momentos de envoltorio en el eje 4 para la Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.56 se presenta los diagramas de momentos de envoltorio en el eje C.

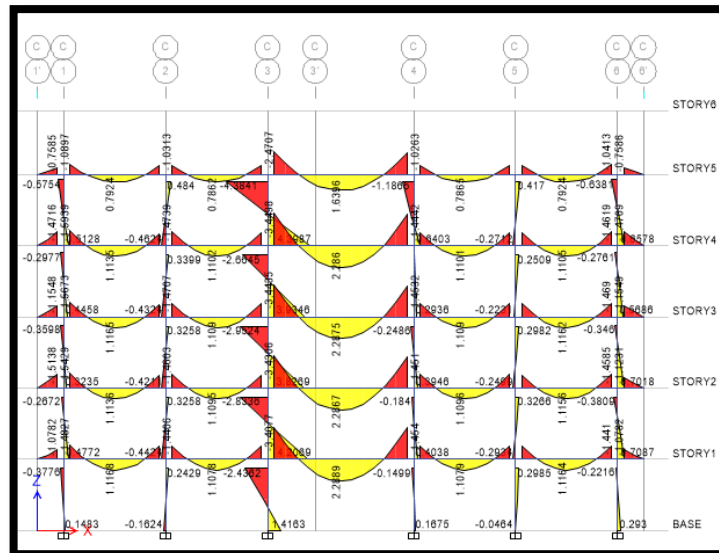


Figura 3.56. Momentos de envoltura en el eje C para la Estructura Convencional.
Elaborado por: Adriana Mena

En la Tabla 3.43 se muestra un resumen de los valores de cortes y momentos del modelo tradicional.

Tabla 3.43.

Cuadro resumen de cortes y momentos para modelo tradicional.

Cortes y Momentos			
Carga	Eje	Corte	Momento
		T	T-m
Dead	4	6.2455	13.3558
Dead	C	1.9651	1.1129
Live	4	3.2782	2.3027
Live	C	1.0519	0.5938
Sx	4	0.6333	1.7698
Sx	C	1.581	4.5437
Sy	4	2.5716	13.3589
Sy	C	0.2963	16.84
Envoltente	4	12.894	8.8193
Envoltente	C	4.04	2.2809

Elaborado por: Adriana Mena

3.9. Revisión de Periodos

En la revisión de periodos se debe contemplar que no deben sobrepasar el máximo periodo que es $T_{max} = 0.93$ seg, los periodos no deben supera en un 30% del periodo de vibración "T", de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC – SE-DS- Peligra Sísmico – Determinación del Periodo de Vibración. Cap. 6.3.3).

$$T = 0.717 \text{ seg}$$

$$T_{max} = 1.3 * 0.717$$

$$T_{max} = 0.93 \text{ seg}$$

En la Tabla 3.44 se muestran los valores de periodos determinados en el modelo ETABS.

Tabla 3.44

Periodos modelo Convencional.

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Frequency	Eigenvalue
		Sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	0.761	1.32	8.26	68.25
Modal	2	0.486	2.06	12.94	167.33
Modal	3	0.455	2.20	13.81	190.73
Modal	4	0.198	5.06	31.78	1009.92
Modal	5	0.118	8.49	53.35	2846.57
Modal	6	0.108	9.24	58.07	3371.58
Modal	7	0.084	11.97	75.24	5660.46
Modal	8	0.076	13.18	82.80	6856.49
Modal	9	0.057	17.46	109.68	12029.37
Modal	10	0.051	19.63	123.35	15215.91
Modal	11	0.047	21.35	134.14	17994.36
Modal	12	0.044	22.81	143.31	20536.80
Modal	13	0.041	24.62	154.72	23937.50
Modal	14	0.033	29.86	187.63	35205.87
Modal	15	0.033	30.12	189.24	35810.42
Modal	16	0.031	31.85	200.12	40049.77
Modal	17	0.026	38.16	239.77	57491.97
Modal	18	0.025	40.02	251.47	63237.78

Elaborado por: Adriana Mena

De acuerdo a los valores dados en la Tabla N°42, se demuestra que la estructura cumple con el requerimiento de no exceder el periodo máximo.

3.10. Predimensionamiento de los dispositivos de disipación sísmica

La ductilidad permite la disminución de las fuerzas sísmicas, exigiendo mayores esfuerzos a los elementos estructurales, por ende se opta por concentrar los mayores daños en ciertos dispositivos agregados como son disipadores sísmicos, de esta manera la estructura no se ve afectada.

“La disipación de energía en el diseño convencional se concentra en los nudos de unión de vigas y columnas, donde el comportamiento inelástico conduce a daños estructurales. A pesar que las secciones sean específicamente diseñadas, el comportamiento histerético finalmente se degrada y con ello la disipación. Además, usualmente se encontrarán asociados daños en elementos no-estructurales como tabiques, puertas, cielorrasos, etc.” (**Stua & Massa, 2017, pág. 28**)

Los disipadores de energía son una propuesta eficiente con relación a los aisladores de base ya que no requieren de una instalación complicada, utilizados en edificios de alturas medias a elevadas y su costos es relativamente bajo.

Los disipadores a implementar en el proyecto serán SLB2_6_2, indicados en la tabla 2.1, perteneciente al Capítulo 2.5.1, cambiándolos de acuerdo a las necesidades del diseño.

Se implementarán entre 1 y 3 dispositivos en el sentido X como en Y, en los ejes A, E, 1 y 6 en cada planta exceptuando el último nivel en el cual no es necesario.

Para agregar el dispositivo a la modelación, se utilizó un elemento tipo Chevron, compuesto por dos diagonales en forma de V invertida, y una placa de 20mm de alto por 300mm de ancho que conecta las diagonales con el dissipador sísmico como se muestra en la Figura 3.57.

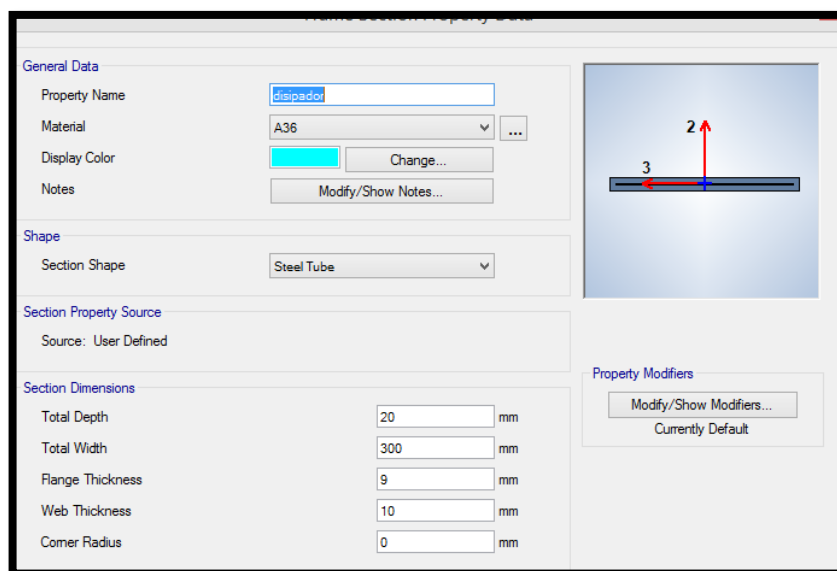


Figura 3.57. Placa de 20mm x 300mm

Elaborado por: Adriana Mena

Para las diagonales se utilizó un tubo cuadrado de 180mmx180mmx15mm, como uno de los elementos que constituyen el Chevron, como se muestra en la Figura 3.58.

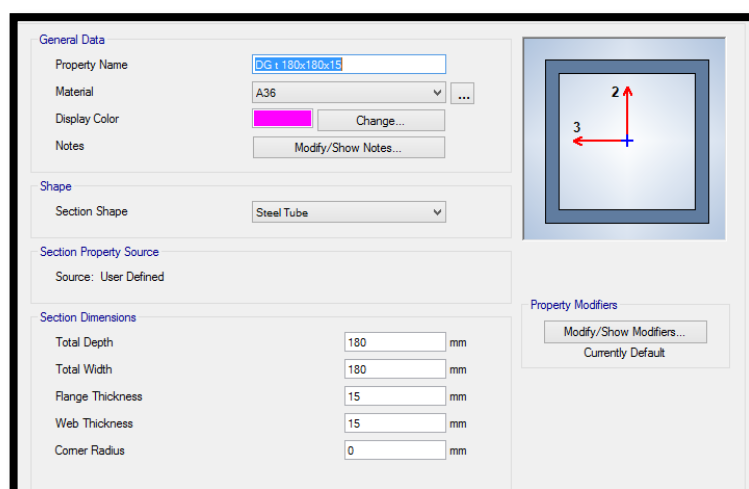


Figura 3.58. Diagonales

Elaborado por: Adriana Mena

Es importante liberar un extremo de las diagonales y el dissipador para no tomar fuerza axial, evitando tener valores poco confiables en momentos.

Estos elementos se van a localizar en los 4 ejes externos de la edificación, así como se indica en las Figuras 3.59 y 3.60.

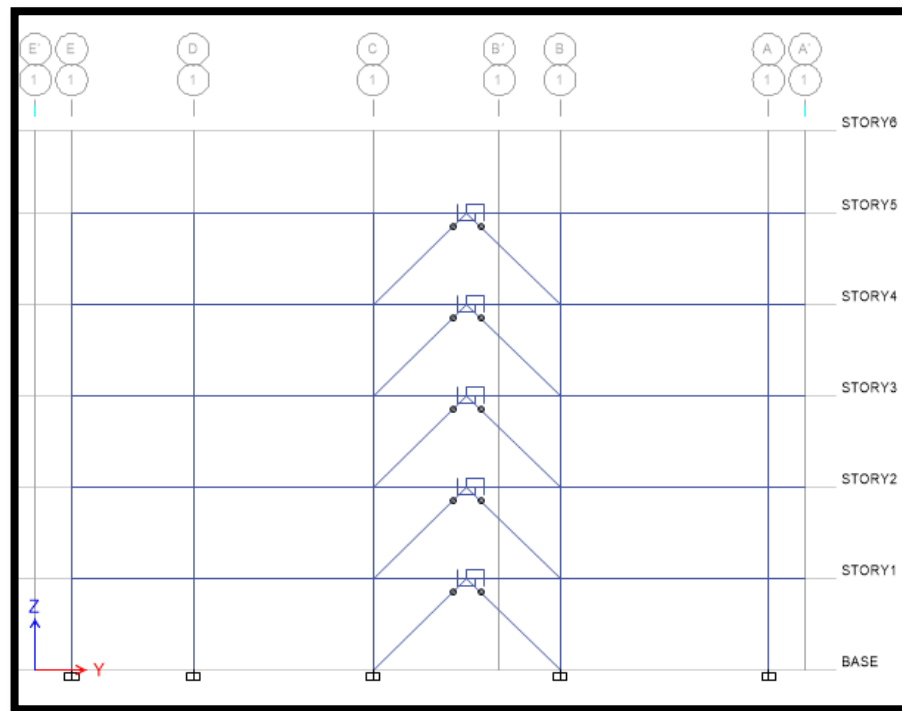


Figura 3.59. Ubicación de disipadores sísmicos en los ejes 1 y 6.

Elaborado por: Adriana Mena

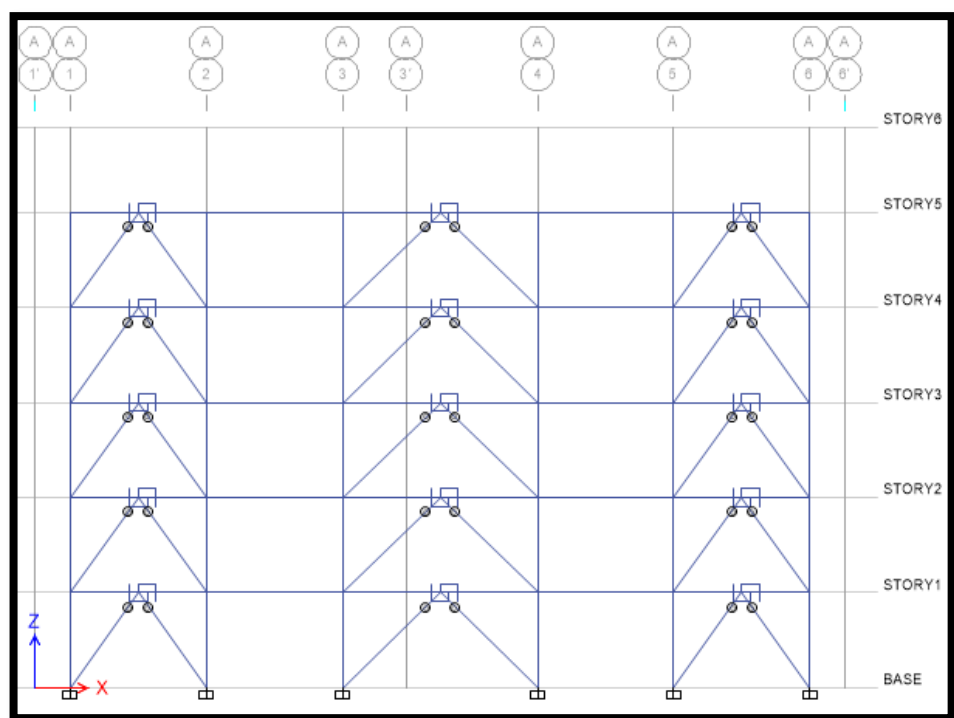


Figura 3.60. Ubicación de disipadores sísmicos en los ejes A y E.

Elaborado por: Adriana Mena

3.10.1. Asignación de Parámetros de disipadores al modelos Etabs.

Para ingresar los disipadores al programa Etabs 2016 existen dos opciones, introduciendo los dispositivos manualmente uno por uno o a través de un plugin.

Opción 1:

Para el ingreso del disipador se selecciona define, section properties, escoger link/support properties, añadir nueva propiedad (add new property), colocar el nombre del disipador, señalar Plastic Wen.

Luego se activa la dirección U2, y dar linealidad en este sentido se presentan las fuerzas axiales, tal como se indica en la Figura 3.61.

Link Property Data

General

Link Property Name: Link Type:

Link Property Notes: P-Delta Parameters:

Total Mass and Weight

Mass: kg Rotational Inertia 1: tonf-m-s²

Weight: tonf Rotational Inertia 2: tonf-m-s²

Rotational Inertia 3: tonf-m-s²

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U1..."/>	<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R1..."/>
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U2..."/>	<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R2..."/>
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for U3..."/>	<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="button" value="Modify/Show for R3..."/>

Figura 3.61. Ingreso de Disipador Sísmico SLB.

Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.62 se representa las propiedades del disipador sísmico, como se indica a continuación:

- Effective Stiffness, que se manifiesta como K_1 (rigidez inicial)
- Yield Strength, que se muestra como F_y (fuerza de rendimiento)
- Post Yield Stiffness Ratio, que representa K_2/K_1 (rigidez post – rendimiento sobre rigidez inicial).

Link/Support Directional Properties	
Identification	
Property Name	SLB2 10_2
Direction	U2
Type	Plastic (Wen)
NonLinear	Yes
Linear Properties	
Effective Stiffness	89340 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0 m
Nonlinear Properties	
Stiffness	89340 tonf/m
Yield Strength	68000 tonf
Post Yield Stiffness Ratio	0.021434
Yielding Exponent	2

Figura 3.62. Propiedades del Disipador Sísmico SLB.

Elaborado por: Adriana Mena

Opción 2:

El plugin V2.1 permite ingresar de manera sencilla y rápida todos los disipadores de la Tabla 2.1 obtenida mediante los diseños efectuados por el Doctor Bozzo, para lo cual seguimos el procedimiento mostrado a continuación:

- Para ingresar todos los dispositivos a la vez, se debe registrar el plugin, para lo cual se señala el menú Tool, add/ show plugins, browse y añadir carpeta que previamente debe estar guardada en la carpeta del programa etabs, aplicar add y ok.

- Para ejecutar el plugin es necesario que el modelo se encuentre en unidades Metric SI defaults, nuevamente seleccionar Tools, y dar click en my ETABS_LinkSLB para ejecutar el plugin.

De esta manera nos mostrará una ventana con todos los dispositivos de SLB y sus respectivas características, por último se pone generate links y aceptar.

En la Figura 3.63 nos indican dos tipos de disipadores sísmicos, escritos como SLB que representa el grado A36 y ESLB que es grado A50.

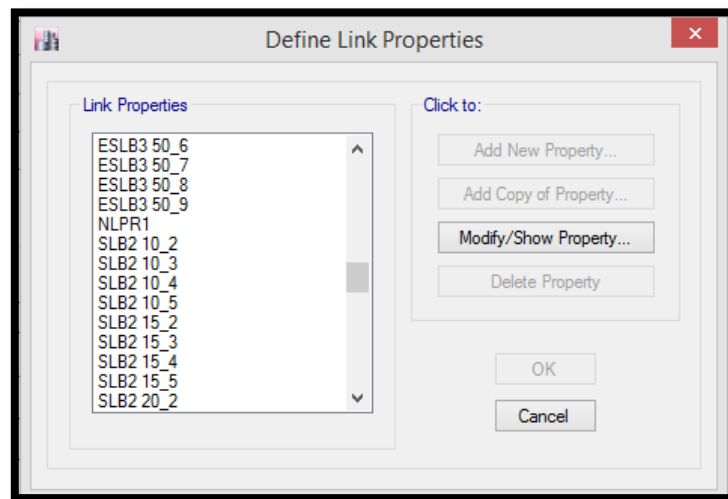


Figura 3.63. Propiedades del dispositivo SLB.

Elaborado por: Adriana Mena

3.10.2. Dibujo del dispositivo SLB.

Previo la graficación del elemento Chevron se introducirá el disipador sísmico, para lo cual se selecciona Drawn, Drawn links, escoger el elemento a utilizar, y con el cursor colocar el dispositivo en los ejes anteriormente indicados, tal como se indica en la Figura 3.64.

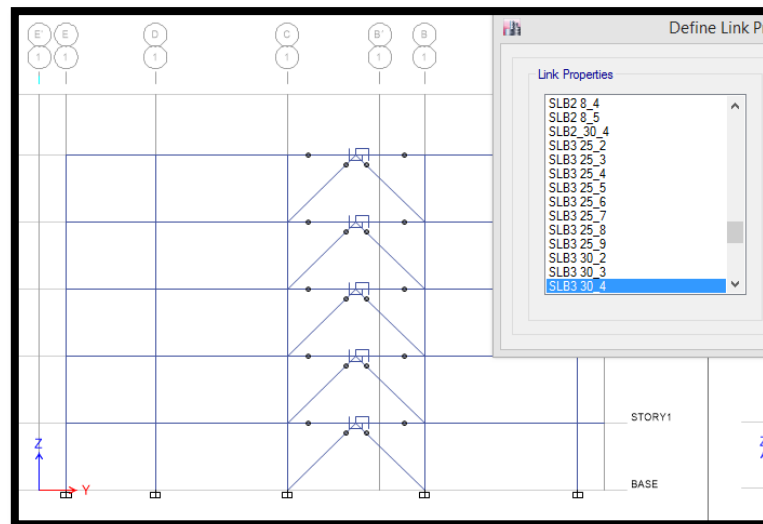


Figura 3.64. Graficación del dispositivo SLB.

Elaborado por: Adriana Mena

Luego de dibujado los disipadores sísmicos SLB, se debe liberar las diagonales y la viga en la que se encuentra el disipador.

3.11. Diseño de los elementos estructurales

Previo al análisis del modelo tradicional se procede a modificar el modelo existente con la adición de los disipadores sísmicos SLB.

Por consiguiente se realizarán ciertos cambios en el modelo tradicional como es la eliminación de los muros de corte, así como la reducción de las secciones de los elementos estructurales (columnas y vigas) y creación del Chevron.

Se realizarán los siguientes cálculos:

➤ Cortante Basal

Con el cambio del valor del coeficiente de reducción de $R=8$ por $R=7$, los valores de cortante basal aumentarían.

El valor de $R=7$ se utiliza en pórticos especiales sísmo resistentes con diagonales rigidizadoras, tal como indica la Norma Ecuatoriana de la Construcción (**NEC - SEDS - Peligro Sísmico, 2015**).

En la Tabla 3.45 se presenta un resumen de los Valores para determinar el Cortante Basal con disipadores sísmicos.

Tabla 3.45.

Cuadro Resumen del Cortante Basal para Estructura con disipadores.

ELEMENTO	VALOR	DESCRIPCION
W	2605,91 (kg/m ²)	Peso total de la estructura
Sa	1,158	Aceleración espectral correspondiente al espectro de respuesta
I	1	Índice de importancia de la estructura
R	7	Factor de reducción de resistencia sísmica con dispositivo
ϕ_p	0.81	Factor de configuración en planta
ϕ_e	0.9	Factor de configuración en elevación
Z	0,4	valor espectral tabla 2.1
PERFIL	D	TABLA 2.3 CLASIFICACIÓN DE SUELO
Fa	1.2	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de período cortó.
Fd	1.19	Amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca
Fs	1.28	Comportamiento no lineal de los suelos

Elaborado por: Adriana Mena

Calculo de Cortante Basal “V”

$$V = \frac{IS_a}{R\phi p\phi e} W$$

$$V = 0,227 * W$$

➤ Espectro de respuesta

En la Tabla 3.46 se presentan los valores para realizar la gráfica del Espectro de Respuesta.

Tabla 3.46.

Esquema de Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico para estructura con disipadores sísmicos.

Periodo T(seg)	Aceleración Elástico (Sa)	Aceleración Inelástico (S)
0	0.48	0.0941
0.1	1.040	0.2037
0.12693	1.1904	0.2333
0.2	1.1904	0.2333
0.3	1.1904	0.2333
0.4	1.1904	0.2333
0.5	1.1904	0.2333
0.6	1.1904	0.2333
0.698	1.190	0.2333
0.7	1.187	0.2327
0.8	1.039	0.2036
0.9	0.923	0.1810
1	0.831	0.1629
1.1	0.756	0.1481
1.2	0.693	0.1357
1.3	0.639	0.1253
1.4	0.594	0.1163

Tabla 3.46. CONTINUACION

Periodo T(seg)	Aceleración Elástico (Sa)	Aceleración Inelástico (S)
1.5	0.554	0.1086
1.6	0.519	0.1018
1.7	0.489	0.0958
1.8	0.462	0.0905
1.9	0.437	0.0857
2	0.416	0.0814
2.1	0.396	0.0776
2.2	0.378	0.0740
2.3	0.361	0.0708
2.4	0.346	0.0679
2.5	0.332	0.0651
2.6	0.320	0.0626
2.7	0.308	0.0603
2.8	0.297	0.0582
2.9	0.287	0.0562
3	0.277	0.0543
3.1	0.268	0.0525
3.2	0.260	0.0509
3.3	0.252	0.0494
3.4	0.244	0.0479
3.5	0.237	0.0465
3.6	0.231	0.0452
3.7	0.225	0.0440
3.8	0.219	0.0429
3.9	0.213	0.0418
4	0.208	0.0407

Elaborado por: Adriana Mena

Con los datos anteriormente calculados se procede a realizar la gráfica que se muestra en la Figura 3.65.

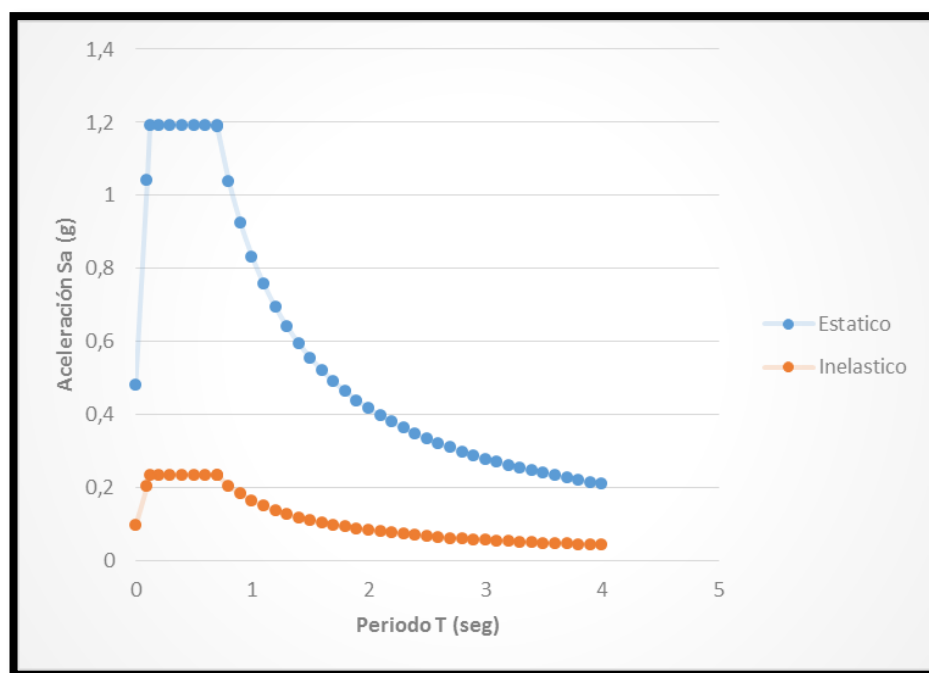


Figura 3.65. Diagrama Aceleración vs Periodo de vibración en Análisis Estático y Dinámico para estructura con Disipadores sísmicos.

Elaborado por: Adriana Mena

➤ **Derivas máximas de pisos “ Δ_E .”**

$$\Delta_E = \frac{0.02}{0.75 * R}$$

$$\Delta_E = 0.0038$$

➤ **Distribución de Fuerzas Sísmicas**

En la Tabla 3.47 se presentan las fuerzas sísmicas en el modelo con disipadores sísmicos

Tabla 3.47

Distribución de Fuerzas Sísmicas con disipadores sísmicos.

Nivel	h	hi	Ai	W	Wi	Wi*hi	(Wi*hi)^k	Fi	Si	Fi1	Si1
	m	m	m2	T/m2	T	T-m	T-m	T	T	T	T
17.70	2.7	17.7	20.6	0.311	6.40	113.31	189.451	2.98	2.98	2.13	2.13
15.00	3	15	550.6	0.355	195.56	2933.43	6984.50	77.15	80.13	78.60	80.74
12.00	3	12	550.6	0.520	286.21	3434.55	8319.01	90.33	170.47	93.62	174.36
9.00	3	9	550.6	0.520	286.48	2578.29	6053.44	67.81	238.28	68.13	242.48
6.00	3	6	550.6	0.520	286.44	1718.64	3861.13	45.20	283.48	43.45	285.94
3.00	3	3	550.6	0.522	287.44	862.31	1797.41	22.68	306.16	20.23	306.16
		TOTAL	2773.6		1348.53	11640.53	27204.95				

Elaborado por: Adriana Mena

➤ Cargas Reactivas por sismo W

De la misma manera como se comprobó las diferentes condiciones en la estructura convencional, se analizar para la estructura con disipadores sísmicos en la Tabla 3.48.

Tabla 3.48.

Carga reactiva, fuerzas gravitacionales y fuerzas sísmicas con disipadores sísmicos

CARGAS REACTIVA, CORTANTE BASAL Y FUERZAS SISMICAS						
USO	NIVEL	C. MUERTA	214.38	Wi	Wi*hi	Fi
		T	T	T	T-m	T
TAPAGRADA	17.70	17.70	17.70	6.4019	113.31	2.98
TERRAZA ACCESIBLE	15.00	15.00	15.00	195.562	2933.4	77.15
OFICINA	12.00	12.00	12.00	286.212	3434.5	90.33
OFICINA	9.00	9.00	9.00	286.477	2578.3	67.81
OFICINA	6.00	6.00	6.00	286.44	1718.6	45.20
OFICINA	3.00	3.00	3.00	287.436	862.31	22.68
			TOTAL	1348.53		306.16

Elaborado por: Adriana Mena

En la Tabla 3.49 se presenta los coeficientes sísmicos y la sumatoria de Fuerzas desarrolladas en el modelo Etabs.

Tabla 3.49.

Coefficiente sísmico y sumatoria de fuerzas gravitacionales **en modelo con dispositivo**.

Load Pattern	Type	Direction	Eccentricity %	Ecc. Overridden	Top Story	Bottom Story	C	K	Weight Used tonf	Base Shear tonf
SX	Seismic	X + Ecc. Y	5	<input type="checkbox"/>	STORY6	BASE	0.227	1.109	1357.4808	308.1481
SY	Seismic	Y + Ecc. X	5	<input type="checkbox"/>	STORY6	BASE	0.227	1.109	1357.4808	308.1481

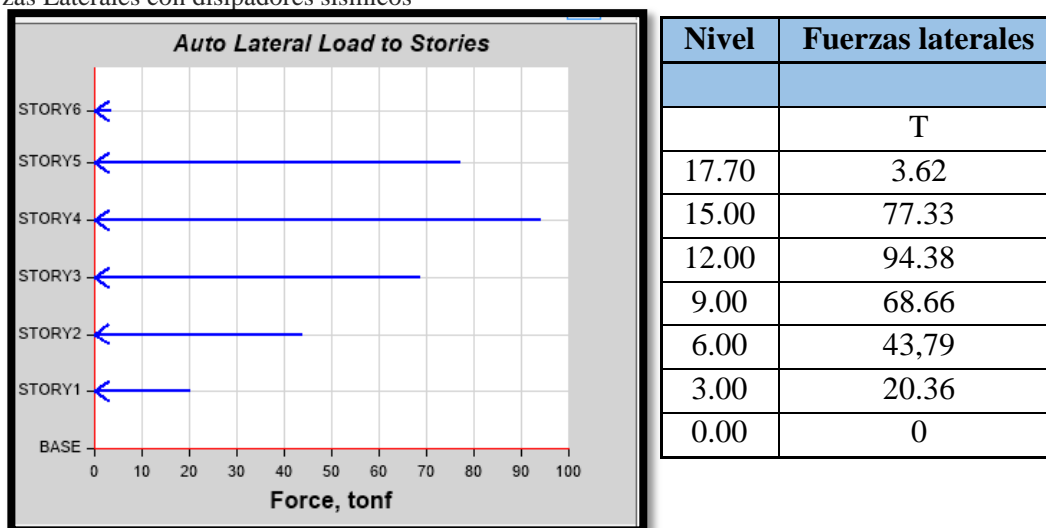
Elaborado por: Adriana Mena

Comparando la sumatoria de fuerzas gravitacionales del modelo como se indica en la tabla 3.48 con la sumatoria de fuerzas gravitacionales obtenida manualmente como se observa en la Tabla 3.49 se determina que los valores son muy cercanos.

A continuación se muestra la Tabla 3.50 que representa las fuerzas laterales con disipadores sísmicos.

Tabla 3.50

Fuerzas Laterales con disipadores sísmicos



Elaborado por: Adriana Mena

Realizando una comparación entre los valores de la tabla N°50 y los de la tabla N°48 podemos darnos cuenta que los valores de fuerzas laterales se asemejan en gran proporción, lo que nos indica es que los cálculos están realizados correctamente.

➤ **Deflexiones y desplazamientos**

En la Tabla 3.51 se muestran las reacciones horizontales en la base de la estructura para el caso de Sismo estático en X.

Tabla 3.51.

Reacciones Horizontales en la Base del Edificio Sismo en X en modelo con disipadores.

Story	Joint Label	Load Case/Combo	FX
			Tonf
BASE	1	SXE	-20.0368
BASE	2	SXE	-20.4567
BASE	3	SXE	-26.5948
BASE	4	SXE	-26.4851
BASE	5	SXE	-20.4478
BASE	6	SXE	-20.3708
BASE	7	SXE	-1.214
BASE	8	SXE	-0.6866
BASE	9	SXE	-0.6855
BASE	10	SXE	-0.6855
BASE	11	SXE	-0.6866
BASE	12	SXE	-1.214
BASE	13	SXE	-1.3213
BASE	14	SXE	-0.7222
BASE	15	SXE	-0.6865
BASE	17	SXE	-0.7222
BASE	18	SXE	-1.3213
BASE	19	SXE	-1.3902
BASE	20	SXE	-0.7587
BASE	21	SXE	-0.8569
BASE	22	SXE	-0.6919
BASE	23	SXE	-0.7605
BASE	24	SXE	-1.3902
BASE	28	SXE	-24.319

Tabla 3.51. CONTINUACION

Story	Joint Label	Load Case/Combo	FX
			Tonf
BASE	29	SXE	-24.4188
BASE	30	SXE	-28.4868
BASE	31	SXE	-28.915
BASE	32	SXE	-24.4106
BASE	33	SXE	-24.3192
BASE	167	SXE	-0.7942
BASE	168	SXE	-0.7822
BASE	170	SXE	-0.8299
		Total	-308.1483

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se presentan las reacciones horizontales en la base del Edificio para el caso de sismo estático en Y, como se muestra en la Tabla 3.52.

Tabla 3.52.

Reacciones Horizontales en la Base del Edificio Sismo en Y en modelo con disipadores

Story	Joint Label	Load Case/Combo	FY
			tonf
BASE	1	SYE	-2.4378
BASE	2	SYE	-2.4761
BASE	3	SYE	-2.7564
BASE	4	SYE	-2.7558
BASE	5	SYE	-2.6175
BASE	6	SYE	-2.6643
BASE	7	SYE	-2.5362
BASE	8	SYE	-1.4555
BASE	9	SYE	-1.7875
BASE	10	SYE	-1.8364
BASE	11	SYE	-1.5365
BASE	12	SYE	-2.7704
BASE	13	SYE	-58.1167

Tabla 3.52. CONTINUACION

Story	Joint Label	Load Case/Combo	FY
			tonf
BASE	14	SYE	-1.5553
BASE	15	SYE	-1.8051
BASE	16	SYE	-1.725
BASE	18	SYE	-63.0148
BASE	19	SYE	-58.0852
BASE	20	SYE	-2.1102
BASE	21	SYE	-2.0986
BASE	22	SYE	-2.1707
BASE	23	SYE	-2.2126
BASE	24	SYE	-62.9818
BASE	28	SYE	-2.4643
BASE	29	SYE	-3.1808
BASE	30	SYE	-3.2147
BASE	31	SYE	-3.2778
BASE	32	SYE	-3.3566
BASE	33	SYE	-2.6919
BASE	167	SYE	-1.6103
BASE	168	SYE	-1.7146
BASE	170	SYE	-1.4979
		Total	-308.1481

Elaborado por: Adriana Mena

Podemos concluir que las reacciones en la base del edificio de sismo en X como en Y se encuentran cercanos con el valor de la sumatoria de la tabla 3.46, de tal forma que el modelos se encuentra correctamente realizado.

➤ **Derivas máximas de pisos “ Δ_E .”**

$$\Delta_E = \frac{0.02}{0.75 * R}$$

$$\Delta_E = 0.0038$$

Control de Derivas de Piso

En la tabla 3.53 se muestran los valores de derivas de piso para el caso de sismo estático y dinámico en Y.

Tabla 3.53.

Derivas de Piso en Sismo en X, en modelo con disipadores.

Story	Deriva elástica Estática	Deriva Inelástica Estática	Deriva elástica Dinámica	Deriva Inelástica Dinámica	ΔM	Observación
STORY6	0.00106	0.0055	0.001314	0.007	0.02	ok
STORY5	0.00055	0.0029	0.000546	0.003	0.02	ok
STORY4	0.00069	0.0036	0.000686	0.004	0.02	ok
STORY3	0.00077	0.0040	0.000765	0.004	0.02	ok
STORY2	0.00075	0.0039	0.000754	0.004	0.02	ok
STORY1	0.00056	0.0029	0.000564	0.003	0.02	ok

Elaborado por: Adriana Mena

Se presentan las derivas de Piso para el caso en sismo estático y dinámico en Y en la

Tabla 3.54.

Tabla 3.54.

Derivas de Piso en Sismo en Y, en modelo con disipadores

Story	Deriva Elástica Estática	Deriva Inelástica Estática	Deriva Elástica Dinámica	Deriva Inelástica Dinámica	ΔM	Observación
STORY6	0.00119	0.0062	0.001056	0.006	0.02	ok
STORY5	0.00097	0.0051	0.001477	0.008	0.02	ok
STORY4	0.00128	0.0067	0.001454	0.008	0.02	ok
STORY3	0.00147	0.0077	0.001259	0.007	0.02	ok
STORY2	0.00147	0.0077	0.000944	0.005	0.02	ok
STORY1	0.00104	0.0055	0.001905	0.010	0.02	ok

Elaborado por: Adriana Mena

De acuerdo a los valores obtenidos en las tablas 3.53 y 3.54 podemos darnos cuenta que los resultados de derivas dinámica son significativamente inferiores al valor de deriva estática máxima.

Corrección del Cortante Basal Estático y Dinámico.

A través del programa etabs se obtendrá el peso reactivo de la estructura, así como los cortantes sísmicos dinámicos se muestra a continuación en la tabla 3.55.

Tabla 3.55.

Fuerzas Cortantes en modelo con disipadores antes de la corrección del Cortante del Cortante Basal Estático y Dinámico.

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	tonf	Tonf	tonf
DEAD	0	0	1373.8757
SXD Base	224.18	3.49	0
SYD Base	3.49	225.92	0

Elaborado por: Adriana Mena

$$V_e = 1373.87 * 0.227$$

$$V_e = 311.86 \text{ Ton}$$

Con los valores obtenidos en el programa de Sismo dinámico en la base en el sentido X y Y, se calcula el factor de corrección haciendo una relación entre el cortante estático y el cortante dinámico como se muestra a continuación:

$$f_c = \frac{V_{estatico}}{V_{Sismico\ dinamico}}$$

$$f_{cx} = \frac{311.86}{224.18}$$

$$f_{cx} = 1.39$$

$$f_{cy} = \frac{311.86}{225.93}$$

$$f_{cy} = 1.38$$

Dado que los factores f_{cx} y f_{cy} son mayores a 1, se debe corregir el cortante, esto se puede realizar seleccionando define, load cases, response Spectrum, aquí se multiplicará el valor de 9,81 por el factor de corrección, esto va a permitir una buena distribución de fuerzas en la edificación, en la tabla 3.56 se muestran los cortantes en la base corregidos.

Tabla 3.56.

Fuerzas Cortantes en modelo con disipadores después de la corrección del Cortante del Cortante Basal Estático y Dinámico.

Load Case/Combo	FX	FY	FZ
	tonf	Tonf	tonf
DEAD	0	0	1373.8757
SXD Base	311.62	4.85	0
SYD Base	4.82	311.78	0

Elaborado por: Adriana Mena

➤ Cortes y momentos para modelo con disipadores sísmicos

Carga muerta – Cortes

En la Figura 3.66 se muestra los diagramas de corte para carga muerta en el eje 4 para la estructura modelada con disipadores sísmicos.

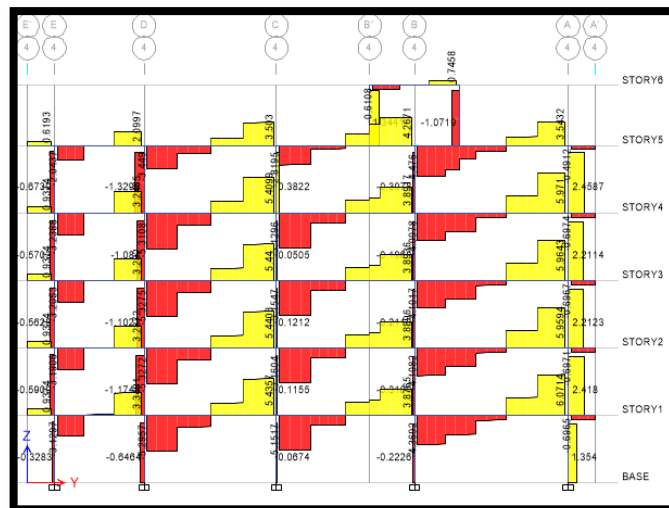


Figura 3.66. Diagramas de Cortes de carga muerta en el eje 4 en Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Los diagramas de cortes de carga muerta para el eje C, se presentan en la Figura 3.67.

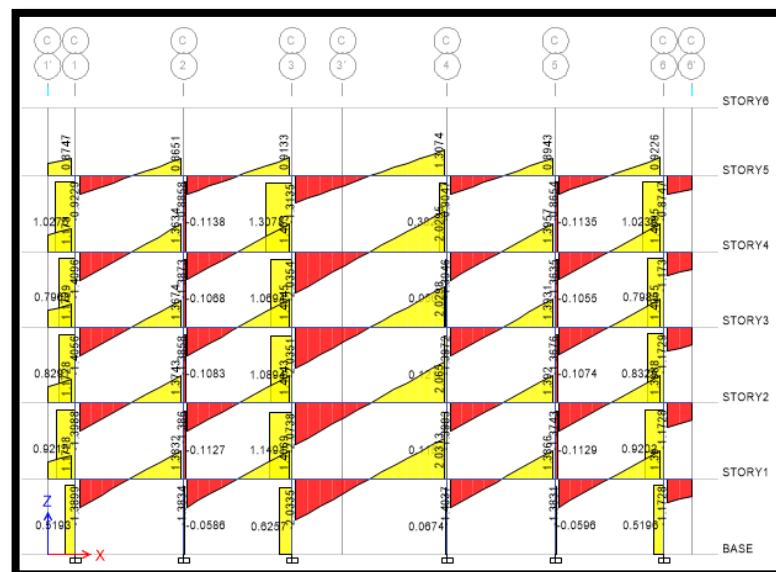


Figura 3.67. Diagramas de Cortes de carga muerta en el eje C en Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Momentos

Los diagramas de momentos para cargas muertas en el eje 4, se presentan en la Figura 3.68.

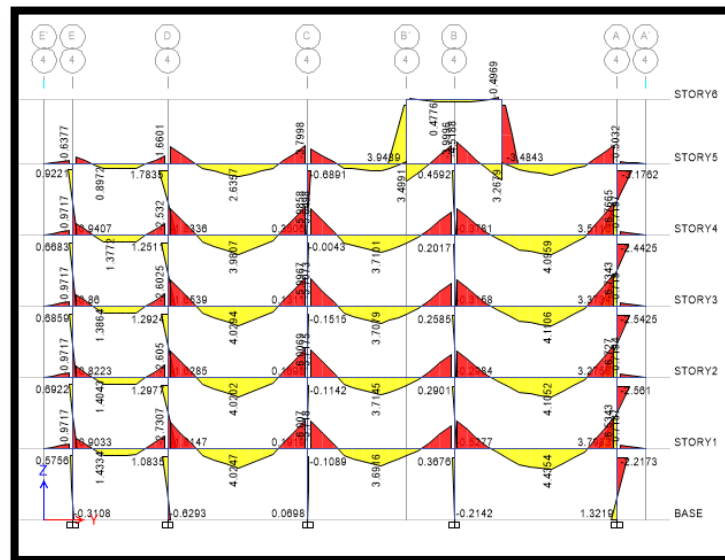


Figura 3.68. Momentos de carga muerta en el eje 4 en Estructura con disipador.

Elaborado por: Adriana Mena

De la misma manera se presentan los diagramas de momentos de carga muerta en el eje C, como se indica en la Figura 3.69.

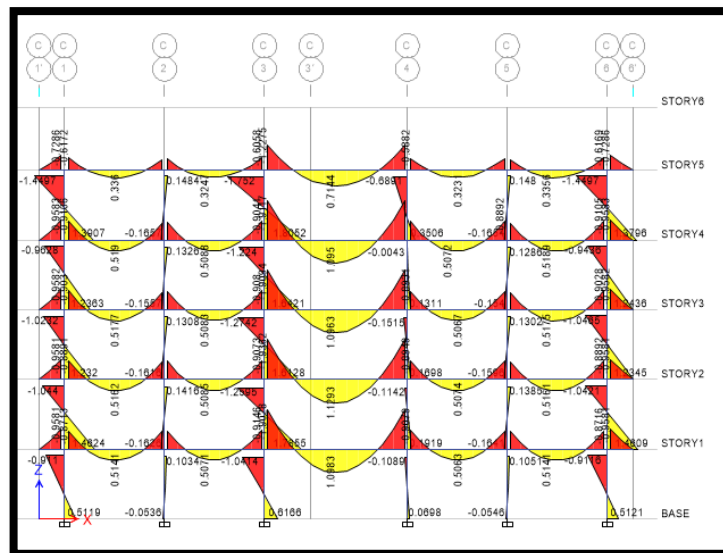


Figura 3.69. Momentos de carga muerta en el eje C en Estructura con disipador.

Elaborado por: Adriana Mena

Carga viva – Corte

En la Figura 3.70 se presentan los diagramas de Corte para carga vivía en el eje 4.

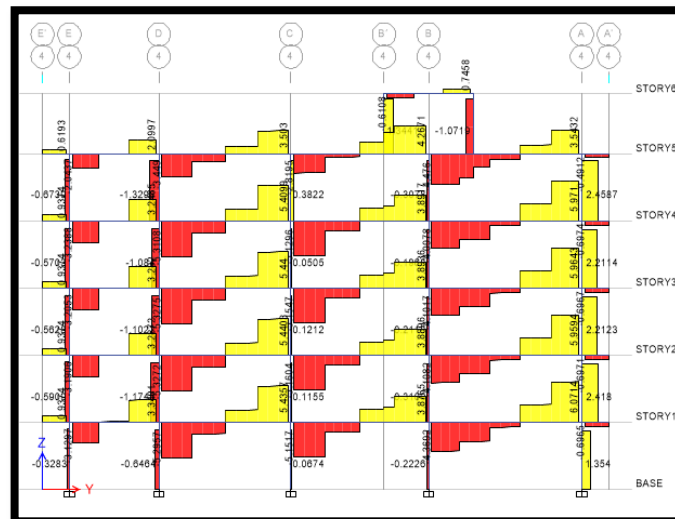


Figura 3.70. Cortes de carga viva en el eje 4 en Estructura con disipador

Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.71 se muestra los diagramas de corte para carga viva en el eje C para la estructura modelada con disipadores sísmicos.

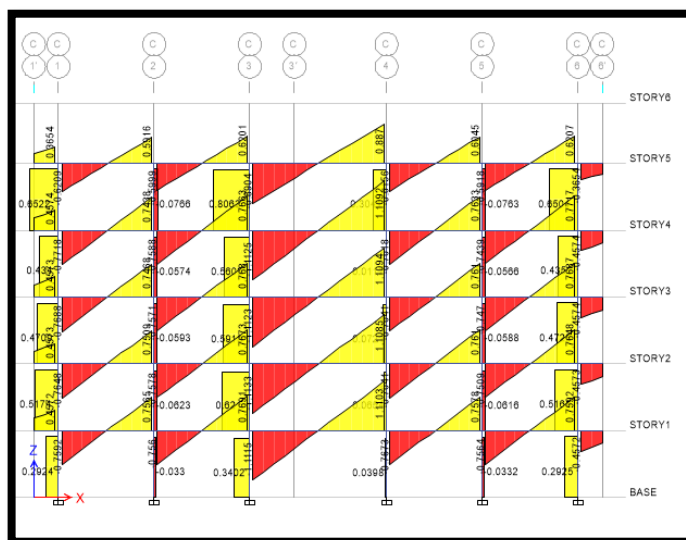


Figura 3.71. Cortes de carga viva en el eje C en Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Momentos

Los diagramas de momentos se muestran en la Figura 3.72, para carga viva en el eje 4.

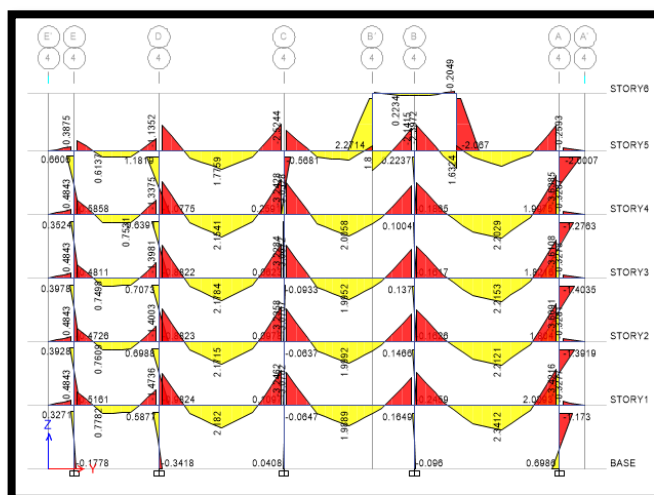


Figura 3.72. Diagramas de Momentos de carga viva en el eje 4 en Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.73, se indican los diagramas de momento para carga viva en el eje C.

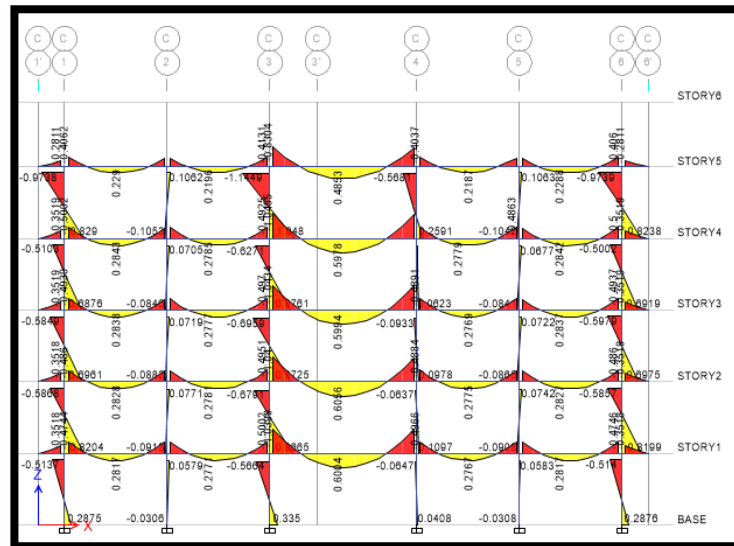


Figura 3.73. Diagramas de Momentos de carga viva en el eje C en Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Carga sísmica - Cortes

En la Figura 3.74 se muestra los diagramas de corte para carga sísmica en el eje X en el eje 4.

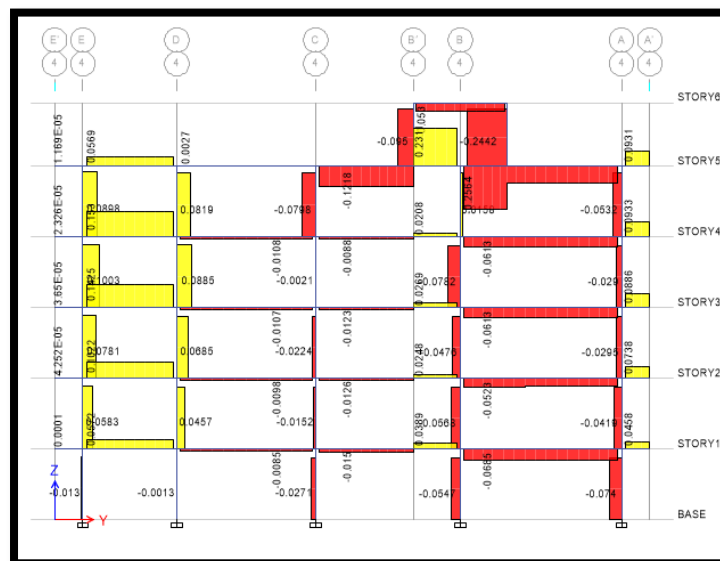


Figura 3.74. Diagramas de Cortes de carga sismo x en el eje 4 en Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.75 se presentan los diagramas de Corte para carga sísmica en Sentido Y en el eje C, para el modelo diseñado con disipadores sísmicos.

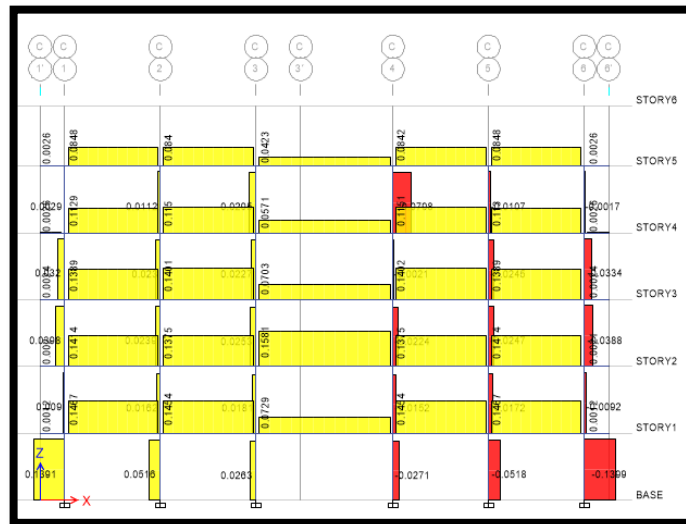


Figura 3.75. Diagramas de Cortes de carga sismo x en el eje C en Estructura con disipador.

Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.76 se muestran los diagramas de Corte para carga sísmica Y en el eje 4.

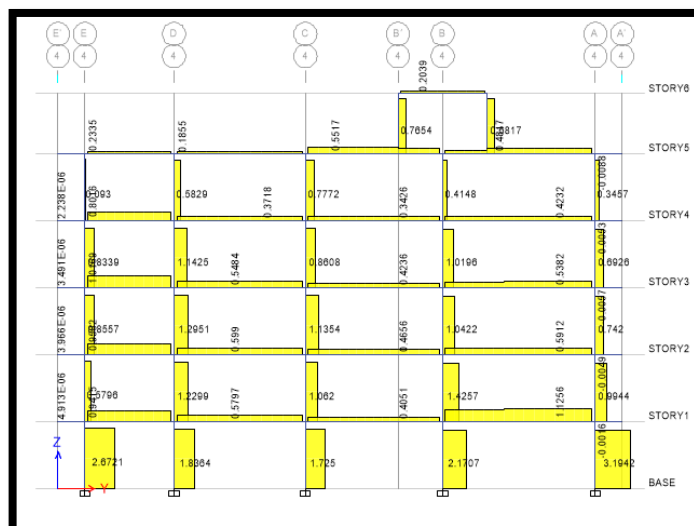


Figura 3.76. Diagramas de Cortes de carga sismo y en el eje 4 en Estructura con disipador.

Elaborado por: Adriana Mena

Los diagramas de cortes para cargas sísmicas en X para el eje C se presentan en la Figura 3.77.



Figura 3.77. Diagramas de Cortes de carga sísmica en el eje C en Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Momentos

Los diagramas de momentos se muestran en la Figura 3.78, para carga sísmica en el sentido X para el eje 4.

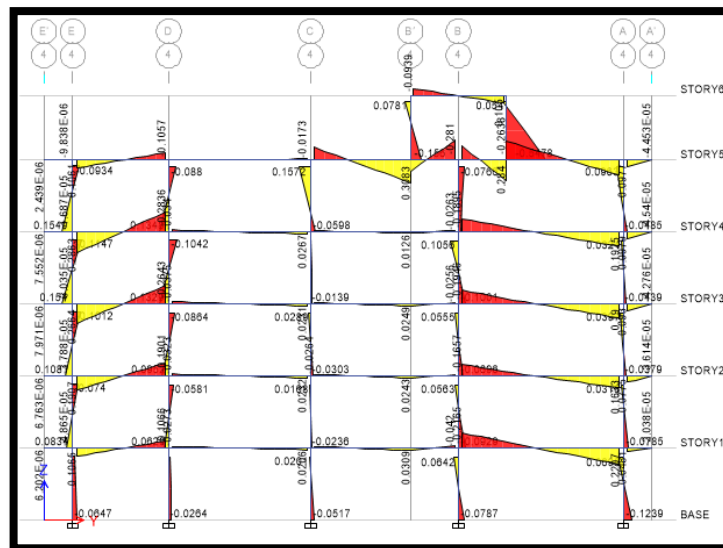


Figura 3.78. Diagramas de Momentos de carga sismo x en el eje 4, Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.79 se indican los diagramas de momentos para carga sísmica en X en el eje C.

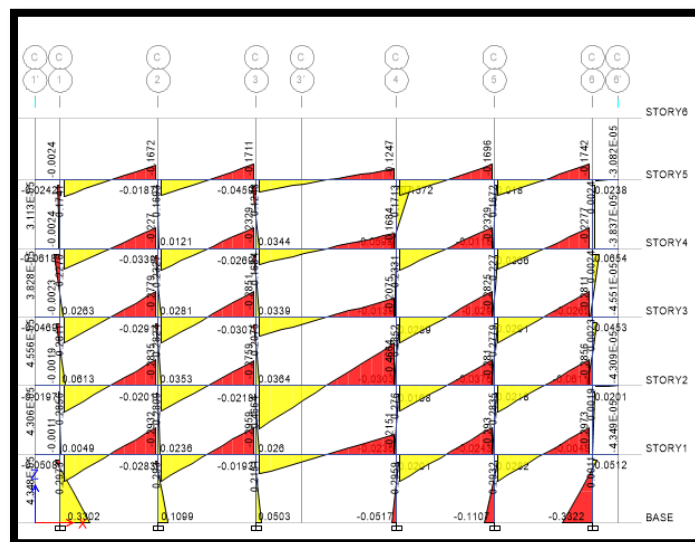


Figura 3.79. Diagramas de Momentos de carga sismo x en el eje C, Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Para el eje 4 los diagramas de momentos de cargas sísmicas en el sentido Y, se muestran en la Figura 3.80.



Figura 3.80. Diagramas de Momentos de carga sísmica y en el eje 4, Estructura con disipador
Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.81 se presentan los diagramas de Momentos para carga sísmica en Sentido Y en el eje C, para el modelo diseñado con disipadores sísmicos.

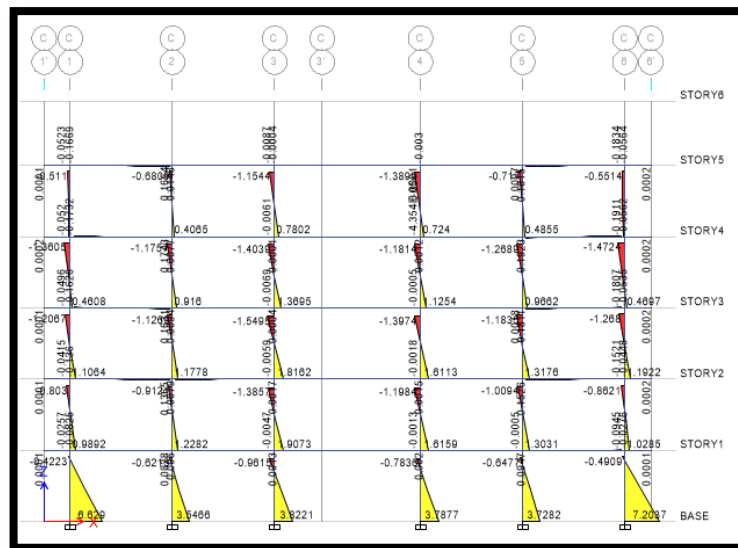


Figura 3.81. Momentos de carga sismo y en el eje C Estructura con dissipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Envolvente – Cortes

En la Figura 3.82 se muestran los diagramas de cortes para el caso de envolvente

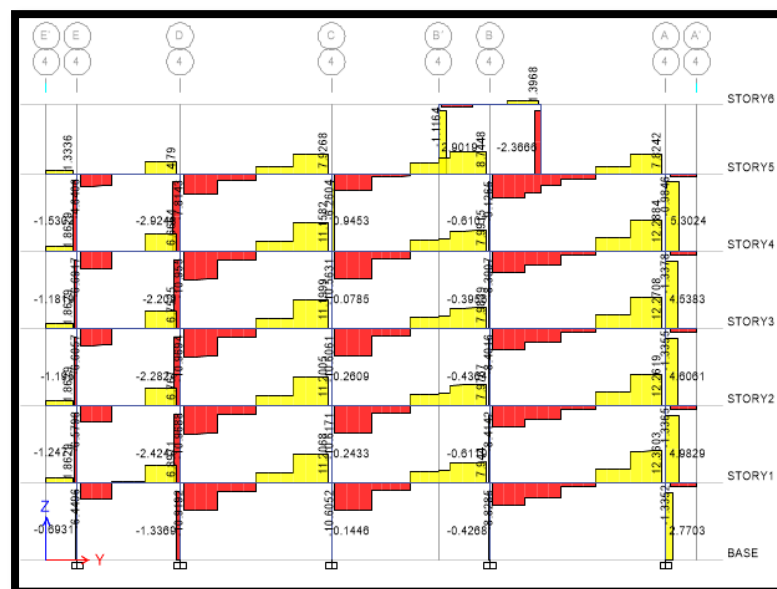


Figura 3.82. Diagramas de Cortes de envolvente en el eje, Estructura con dissipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Los diagramas de cortes de envoltura en el eje c, se muestra en la Figura 3.83

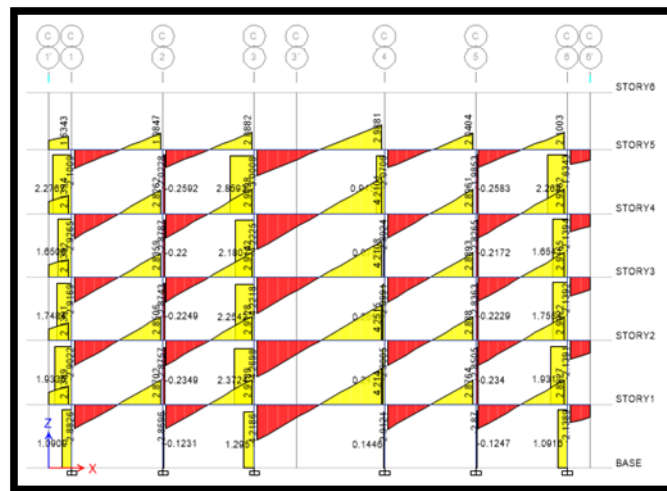


Figura 3.83. Diagramas de Cortes de envoltura en el eje C en Estructura con disipador.

Elaborado por: Adriana Mena

Momentos

A continuación se indican los diagramas de momento para el caso de envoltura en el eje 4, para modelo con disipadores sísmicos.

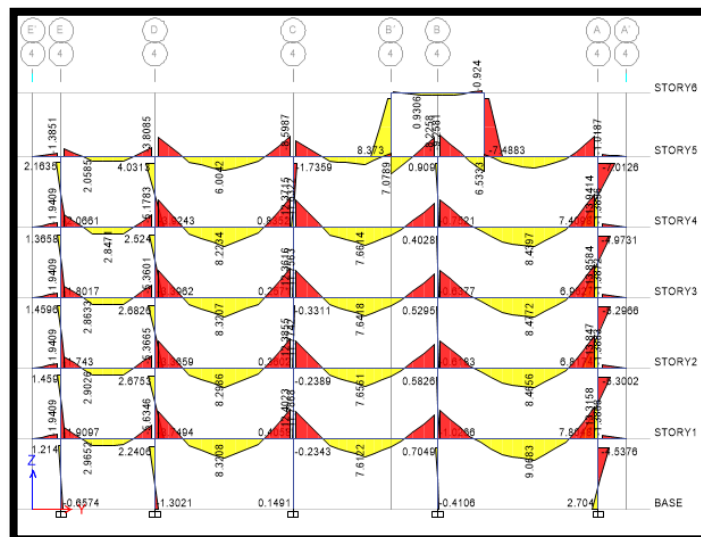


Figura 3.84. Diagramas de Momentos de envoltura en el eje 4 en Estructura con disipador.

Elaborado por: Adriana Mena

En la Figura 3.85 se indican los diagramas de momentos para envoltentes en el eje C.

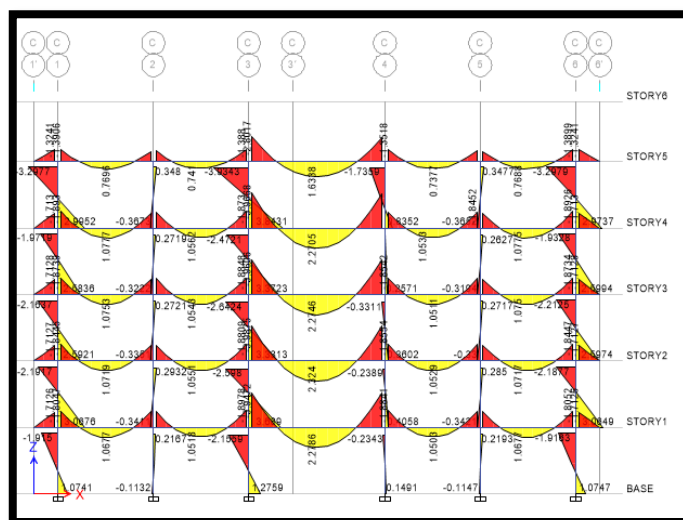


Figura 3.85. Diagramas Momentos de envoltente en el eje C en Estructura con disipador.
Elaborado por: Adriana Mena

Para tener un mejor análisis de los resultados hemos realizado un cuadro de resumen con los cortes y momentos máximos, en los ejes más representativos, como se muestra en la Tabla 3.57.

Tabla 3.57.

Cuadro resumen de cortes y momentos para modelo con disipadores.

Cortes y Momentos			
Carga	Eje	Corte	Momento
		T	T-m
Dead	4	5.9646	4.3454
Dead	C	2.65	1.1293
Live	4	6.071	2.3412
Live	C	2.232	0.656
Sx	4	0.2564	0.191
Sx	C	0.1454	0.3222
Sy	4	3.19	7.45
Sy	C	2.8	7.2
Envolvente	4	12.2884	9.887
Envolvente	C	4.2108	2.3224

Elaborado por: Adriana Mena

➤ **Revisión de Periodos**

En la Tabla 3.58 se muestran los valores de periodos determinados en el modelo.

Tabla 3.58.

Periodos modelo con disipadores

Case	Mode	Period	Frequency	Circular Freq	Eigenvalue
		sec	cyc/sec	rad/sec	rad ² /sec ²
Modal	1	0.429	2.331	14.6449	214.4721
Modal	2	0.305	3.283	20.6281	425.5191
Modal	3	0.226	4.422	27.7858	772.0522
Modal	4	0.15	6.672	41.9216	1757.4177
Modal	5	0.138	7.221	45.3723	2058.6482
Modal	6	0.117	8.511	53.4763	2859.7123
Modal	7	0.101	9.874	62.042	3849.2098
Modal	8	0.086	11.593	72.8421	5305.9729
Modal	9	0.078	12.753	80.1298	6420.7821
Modal	10	0.078	12.896	81.0283	6565.5852
Modal	11	0.059	16.995	106.7856	11403.158
Modal	12	0.058	17.282	108.5879	11791.327
Modal	13	0.048	20.689	129.9931	16898.197
Modal	14	0.044	22.685	142.5364	20316.635
Modal	15	0.044	22.936	144.1093	20767.504
Modal	16	0.037	27.12	170.4007	29036.412
Modal	17	0.033	29.896	187.8395	35283.682
Modal	18	0.029	35.086	220.4517	48598.973
Modal	19	0.006	157.309	988.4013	976937.22
Modal	20	0.006	157.309	988.4038	976942.09
Modal	21	0.006	157.311	988.413	976960.24
Modal	22	0.006	157.313	988.4296	976993.03
Modal	23	0.006	157.792	991.4359	982945.20
Modal	24	0.006	170.32	1070.1542	1145230.0
Modal	25	0.005	219.998	1382.29	1910725.6
Modal	26	0.004	245.17	1540.4497	2372985.2
Modal	27	0.004	245.169	1540.4439	2372967.4
Modal	28	0.004	245.17	1540.4515	2372990.8
Modal	29	0.004	251.858	1582.4683	2504206.0
Modal	30	0.004	273.787	1720.2565	2959282.2

Elaborado por: Adriana Mena

De acuerdo a los valores dados en la Tabla 3.58, podemos demostrar que la estructura cumple con el requerimiento de no exceder el periodo máximo.

Chequeo de Pandeo en Diagonales.

Para verificar que las diagonales están trabajando de forma adecuada se debe realizar el cheque de pandeo crítico de Euler, para lo cual se toma un elemento representativo, ubicado en el eje, entre los ejes B y C, en el nivel 4, perteneciente a la altura de 12m.

Se inicia calculando el Pandeo Critico del Elemento.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{KL^2}$$

Dónde:

E= Modulo de Elasticidad del Acero A36

I= Inercia en el eje X y eje Y

K= coeficiente de fijación de los extremo de la columna

L= Longitud del elemento.

r= radio de Giro

Se presentan las dimensiones de la diagonal tipo cajón en la Figura 3.86.

L= 4.3m

b1 = 18cm

h = 18cm

$$t_w = 1.5 \text{ cm}$$

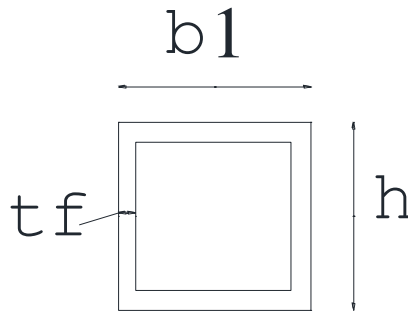


Figura 3.86. Secciones de diagonal tipo cajón

Elaborado por: Adriana Mena

Propiedades Mecánicas

$$E = 2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Área} = 99 \text{ cm}^2$$

$$I_{xx} = 4529.25 \text{ cm}^4$$

$$r_{xx} = 6.70 \text{ cm}$$

$$I_{yy} = 4529.25 \text{ cm}^4$$

$$r_{yy} = 6.70 \text{ cm}$$

$$K = 1$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 2.1 * 10^6 * 4529.25}{1 * (430)}$$

$$P_{cr} = 507701.47 \text{ kg}$$

o

$$P_{cr} = 507.7 \text{ Ton}$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 * 2.1 \times 10^6}{\left(\frac{430}{6.7}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 50031.89 \text{ kg}$$

O

$$F_{cr} = 50.03 \text{ ton}$$

Relación de Esbeltez de columna en el límite entre el pandeo Inelástico y Elástico (Cc).

Este valor depende de la resistencia del material F_y , para elementos de Esfuerzo A36 el valor de fluencia es igual a 2532 kg/cm^2 al que corresponde un $C_c = 126.1$

Con estos valores se puede determinar el Esfuerzo a compresión Axial. (F_a)

$$F_a = \frac{\pi^2 E}{F_s * (K/L)^2}$$

Siendo

$$F_s = 1.92$$

$$F_a = \frac{\pi^2 * 2.1 * 10^6}{1.84 * (430/6.7)^2}$$

$$F_a = 26.24 \text{ ton}$$

De acuerdo a los datos arrojados en el programa Etabs, se puede demostrar que los elementos tipo cajón se encuentran soportando cargas menores a las fuerzas de pandeo como se puede mostrar en la tabla 3.59.

Tabla 3.59.

Fuerzas Axiales y Capacidad en elemento Tipo Cajón.

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)	
D/C Ratio =	$(P_r/P_c) + (8/9)(M_{r33}/M_{c33}) + (8/9)(M_{r22}/M_{c22})$
0.244 =	0.211 + 0.021 + 0.012

Axial Force and Capacities		
P _u Force (tonf)	ϕP _{nc} Capacity (tonf)	ϕP _{nt} Capacity (tonf)
38.4213	182.3649	225.5121

Moments and Capacities			
	M _u Moment (tonf-m)	ϕM _n Capacity (tonf-m)	ϕM _n No LTB (tonf-m)
Major Bending	0.3383	13.992	13.992
Minor Bending	0.1821	13.992	

Elaborado por: Adriana Mena

3.12. Diseño Definitivo de la estructura

Luego de cambiar secciones en elementos estructurales tales como vigas principales, secundarias y columnas, tanto en el modelo tradicional con disipadores sísmicos se obtiene las siguientes dimensiones definitivas:

Modelo tradicional:

- Losas deck

Con respecto a la losa se tiene una sección de 10cm de espesor, placa colaborante y altura de hormigón igual a 5cm de espesor, tal como se indica en el predimensionamiento en la Tabla 3.23.

- Muros de corte

Para los muros de corte se obtuvo una dimensión de 30cm de espesor, acero de refuerzo de 1 ϕ 14 y estribos de 1 ϕ 12 @ 10cm

- Viguetas

El comportamiento de las viguetas se muestra en la Figura 3.87.

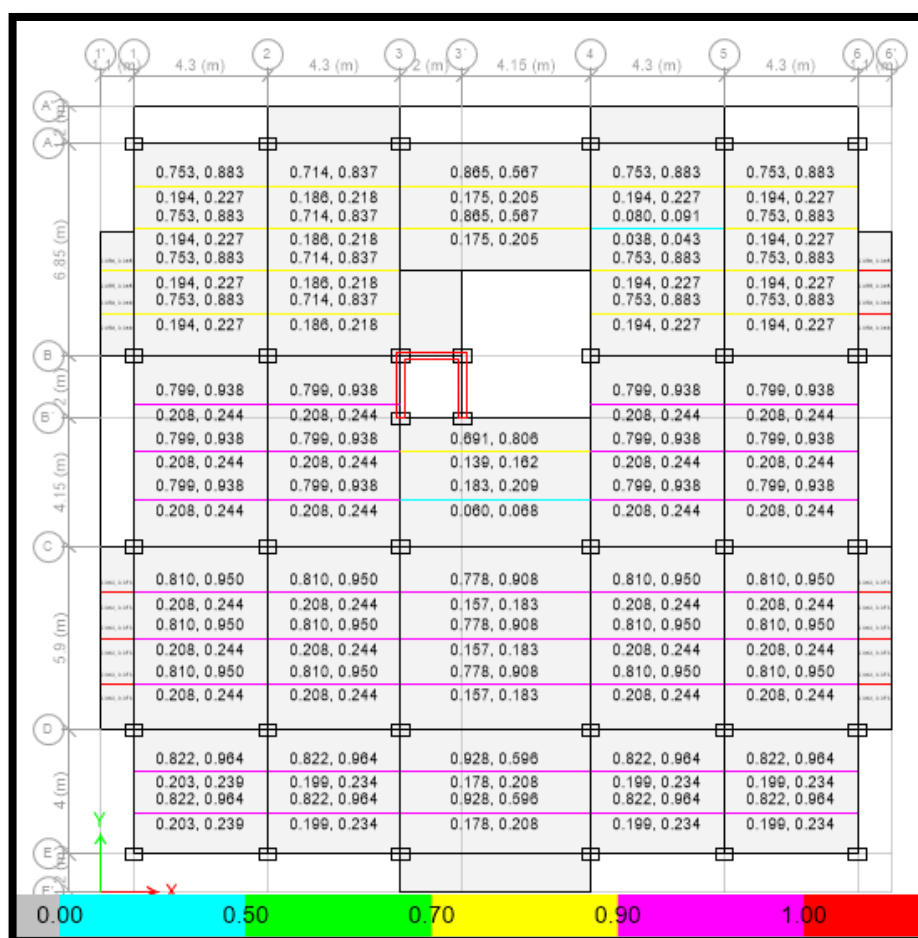


Figura 3.87. Secciones definitivas de viguetas

Elaborado por: Adriana Mena

Las viguetas se encuentran en un estado de demanda óptimo, con rangos aproximados entre el 18% y 95%, las viguetas que se encuentran en color

rojo están fallando por deflexión para lo cual se colocará una contra flecha de 2mm.

En la Tabla 3.60 se indica un resumen de las secciones de viguetas.

Tabla 3.60.

Resumen de secciones de Viguetas

Tipo de Vigueta	h	bf	tf	tw
	mm	mm	mm	mm
vg3 80*4-150*4	150	80	4	4
VG90X4-200X4	200	90	4	4
VG100X5-200X5	200	100	5	5
VG100X4-220X4	220	100	4	4
VG100*4-240*4	240	100	4	4
VG100X4-250X4	250	100	4	4
VG100X5-250X5	250	100	5	5
VG100X5-280X5	280	100	5	5
VG100X5-300X5	300	100	5	5
VG100X6-300X6	300	100	6	6

Elaborado por: Adriana Mena

- Vigas Principales y vigas secundarias

Se observa que las vigas principales se encuentran con una buena demanda de radios de interacción y se encuentran en un porcentaje entre el 20% y el 80%.

Para las vigas principales que se encuentran en color rojo estas están fallando por flexión, por lo que se dará una contra flecha de 2mm.

El comportamiento de las viguetas se muestra en la Figura 3.88.

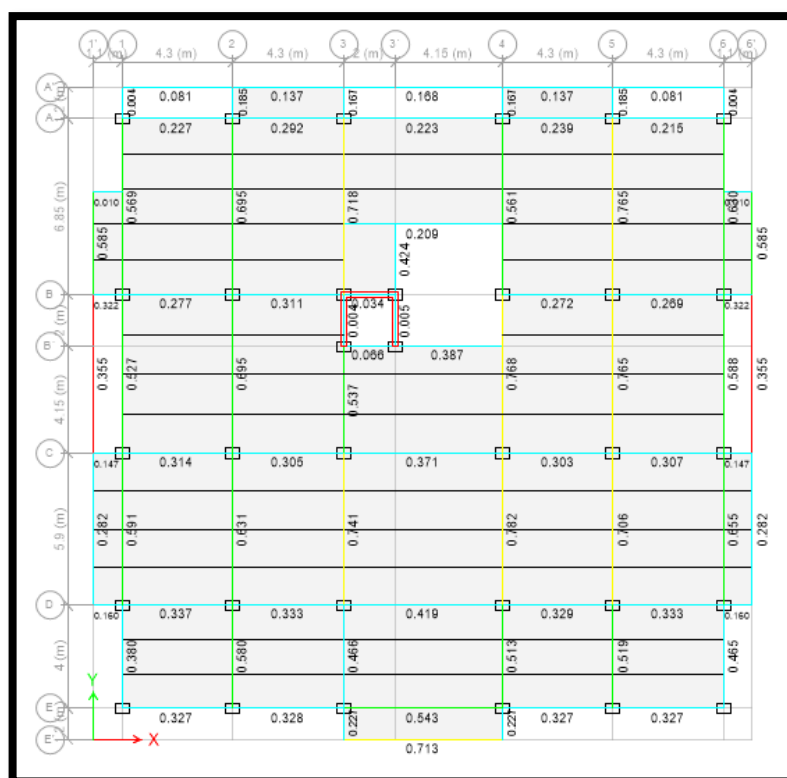


Figura 3.88. Secciones definitivas de vigas principales y secundarias.
Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se muestra en la Tabla 3.61 un resumen de las secciones de Vigas Principales y Secundarias.

Tabla 3.61.

Resumen de secciones de Vigas Principales y Vigas Secundarias.

Tipo de Viga	h	bf	tf	tw
	mm	mm	mm	mm
VP100X8-200X6	200	100	8	6
VP120X10-200X8	200	120	10	8
VP120X10-220X8	220	120	10	8
vp4 100*8-220*6	220	100	8	6
VP120X10-240X8	240	120	10	8
VP120X10-250X8	250	120	10	8
VP120X10-270X8	270	120	10	8

Tabla 3.61. CONTINUACION

Tipo de Viga	h	bf	tf	tw
	mm	mm	mm	mm
VP120X10-280X8	280	120	10	8
VP120X10-300X8	300	120	10	8
VP120X10-320X8	320	120	10	8
VP120*10-350*8	350	120	10	8
VP140*15-350*12	350	140	15	12
vp1 160*18-350*15	350	160	18	15
VPR100X150X8	150	100	18	15
VS90X8-2006	200	90	8	6
vs5 100*8-200*6	200	100	8	8
vs4 100*8-220*6	220	100	8	6
VS120X10-200X8	200	120	10	8
VS120X10-240X8	240	120	10	8
VP120X10-250X8	250	120	10	8
VS120X10-260X8	260	120	10	8
VS120X10-280X8	280	120	10	8
VS120X10-300X8	300	120	10	8

Elaborado por: Adriana Mena

- Columnas

Las columnas se encuentran representadas en la Figura 3.89.

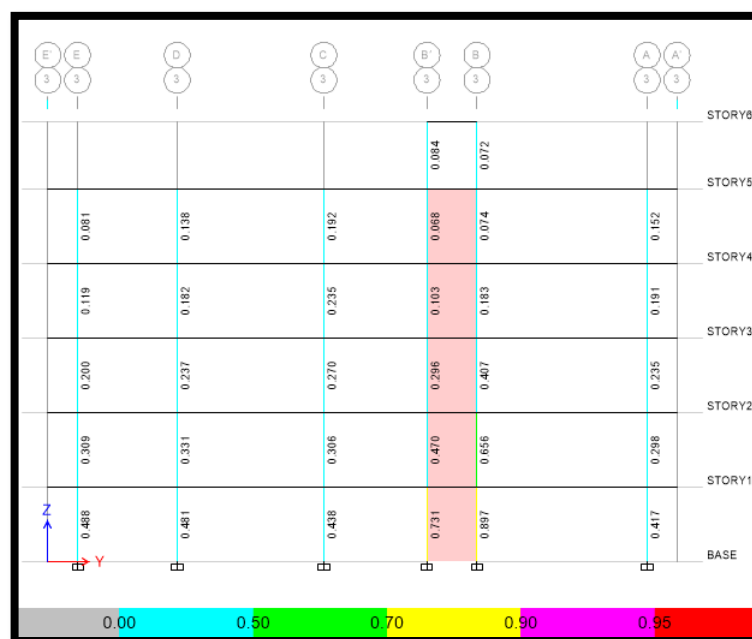


Figura 3.89. Secciones definitivas en columnas.

Elaborado por: Adriana Mena

Las columnas se encuentran sobredimensionadas con una demanda entre el 7% y el 45%, a excepción de las columnas que se encuentran en los extremos del ascensor que se encuentran a una capacidad entre el 70% y 98%.

En la Tabla 3.62 se indican las columnas utilizadas en el modelo convencional.

Tabla 3.62.

Resumen de columnas

Columna	Sección	Numero
Sc1	T400x550x12	28
Sc2	T400x550x18	4
Sc3	T200x200x10	2
Sc4	T300x500x15	2

Elaborado por: Adriana Mena

Modelo con Disipadores:

- Losas deck

Se utilizó la misma losa tal como se indicó en el modelo tradicional

- Viguetas

El comportamiento de las viguetas en el modelo con disipadores sísmicos se muestra en la Figura 3.90

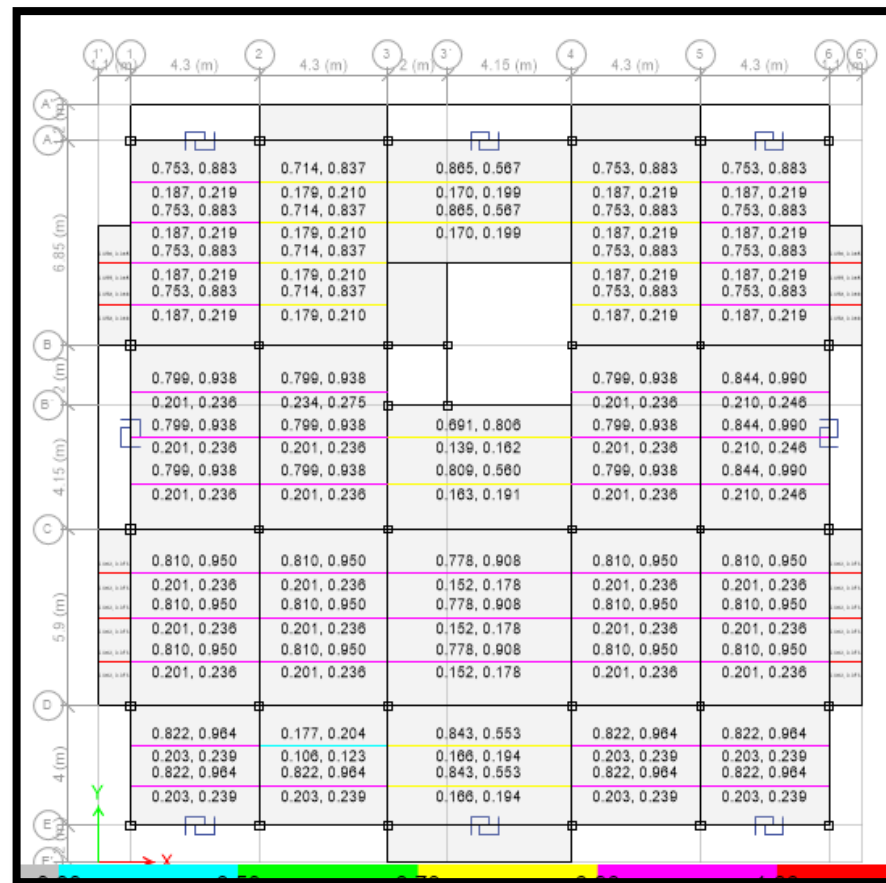


Figura 3.90. Secciones definitivas de viguetas con dispositivo.

Elaborado por: Adriana Mena

Se muestra un resumen de la secciones de viguetas en el modelo con disipadores en la Tabla 3.63.

Tabla 3.63.

Resumen de secciones de Viguetas.

Tipo de Vigueta	h	bf	tf	tw
	mm	mm	mm	mm
vg3 80*4-150*4	150	80	4	4
VG90X4-200X4	200	90	4	4
VG100X5-200X5	200	100	5	5
VG100X4-220X4	220	100	4	4
VG100*4-240*4	240	100	4	4
VG100X4-250X4	250	100	4	4
VG100X5-250X5	250	100	5	5
VG100X5-280X5	280	100	5	5
VG100X5-300X5	300	100	5	5
VG100X6-300X6	300	100	6	6

Elaborado por: Adriana Mena

Las viguetas se presentan con las mismas secciones en ambos modelos, pero en el modelo con disipadores mejoran la capacidad.

- Vigas Principales y vigas secundarias

Las vigas principales y secundarias mejoran su capacidad, manteniéndose en un rango entre 20% y el 99%, a pesar de reducir sus secciones con relación al modelo tradicional, como se indica en la Figura 3.91.

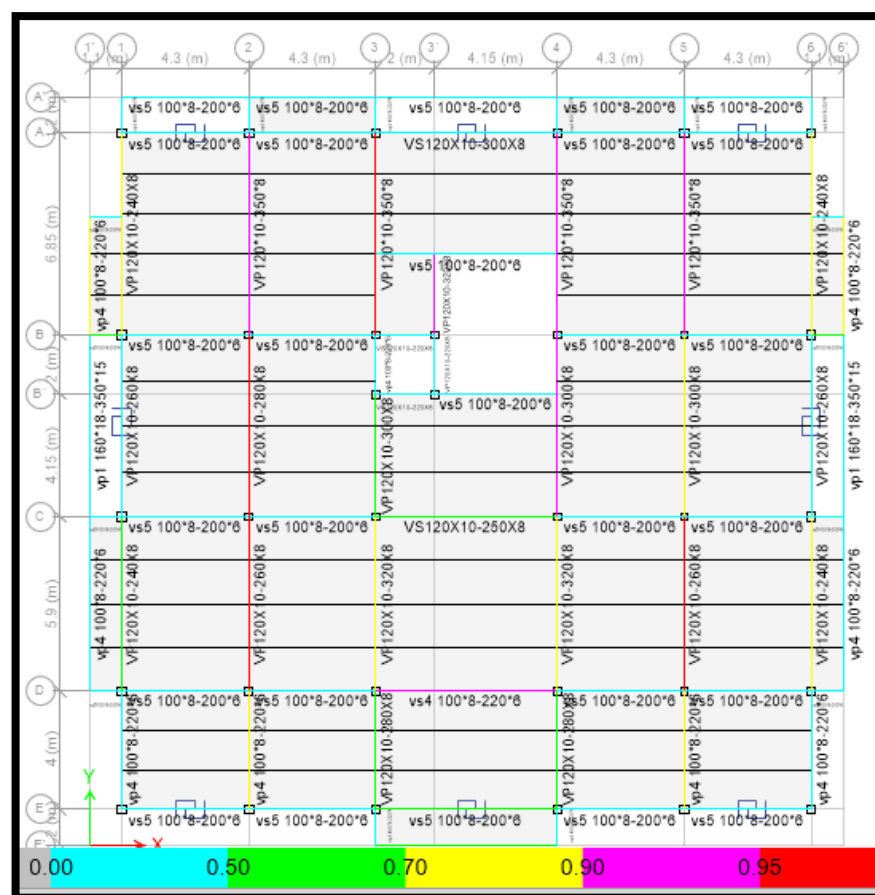


Figura 3.91. Secciones definitivas de vigas principales y secundarias con disipadores.
Elaborado por: Adriana Mena

En la Tabla 3.64 se indica un resumen de las secciones de viguetas.

Tabla 3.64.

Resumen de secciones de Vigas Principales y Vigas Secundarias con disipadores.

Tipo de Viga	h	bf	tf	tw
	mm	mm	mm	mm
VP100X8-200X6	200	100	8	6
vp4 100*8-220*6	220	100	8	6
VP120X10-200X8	200	120	10	8
VP120X10-220X8	220	120	10	8
VP120X10-240X8	240	120	10	8
VP120X10-260X8	260	120	10	8
VP120X10-280X8	280	120	10	8
VP120X10-300X8	300	120	10	8
VP120*10-350*8	350	120	10	8
vp1 160*18-350*15	350	160	18	15
vs4 100*8-220*6	220	100	8	6
vs5 100*8-200*6	200	100	8	6
VS120X10-200X8	200	120	10	8
VS120X10-220X8	220	120	10	8
VS120X10-300X8	300	120	10	8

Elaborado por: Adriana Mena

- Columnas

Tenemos una reducción de las secciones en columnas, por lo que esto significa una reducción considerable en pesos, en la Figura 3.92 se muestran las columnas definitivas.

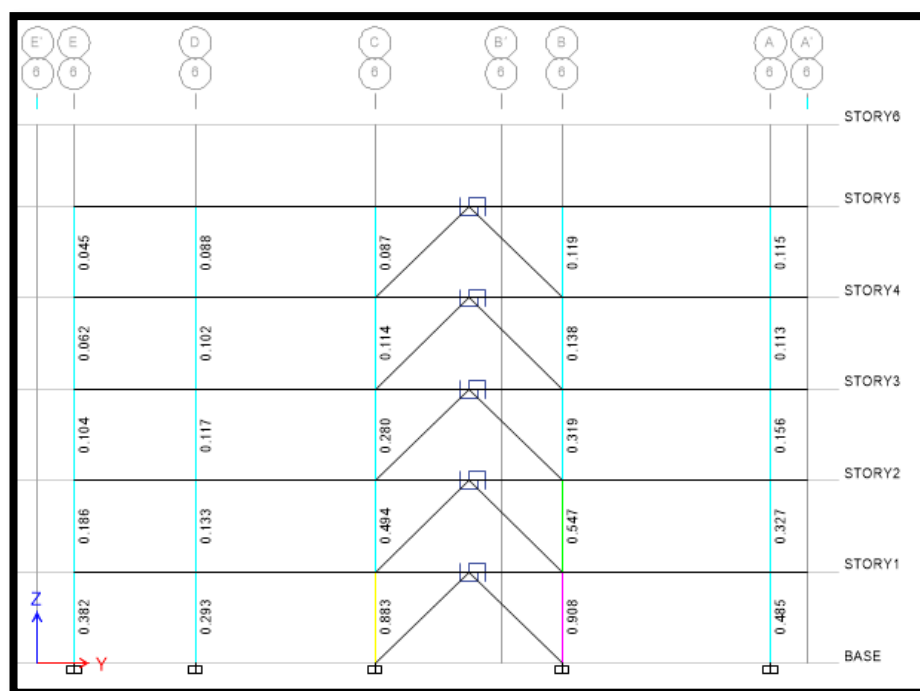


Figura 3.92. Secciones definitivas en columnas con disipadores.
Elaborado por: Adriana Mena

En la Tabla 3.65 se indican las columnas utilizadas en el modelo diseñado con disipadores sísmicos.

Tabla 3.65
Resumen de columnas con disipadores

Columna	Sección	Numero
Sc1	T300x300x18	18
Sc2	T250x250x15	12
Sc3	T200x200x10	3

Elaborado por: Adriana Mena

- Disipador sísmico

Después de cambiar los disipadores sísmicos hasta encontrar valores adecuados se ha por un disipador sísmico SLB2x30_2, y elemento tipo Chevron con una placa de

20mm de alto por 300mm ancho y diagonal tipo V invertida de 180mmx180mmx15mm como indica la Figura 3.93.

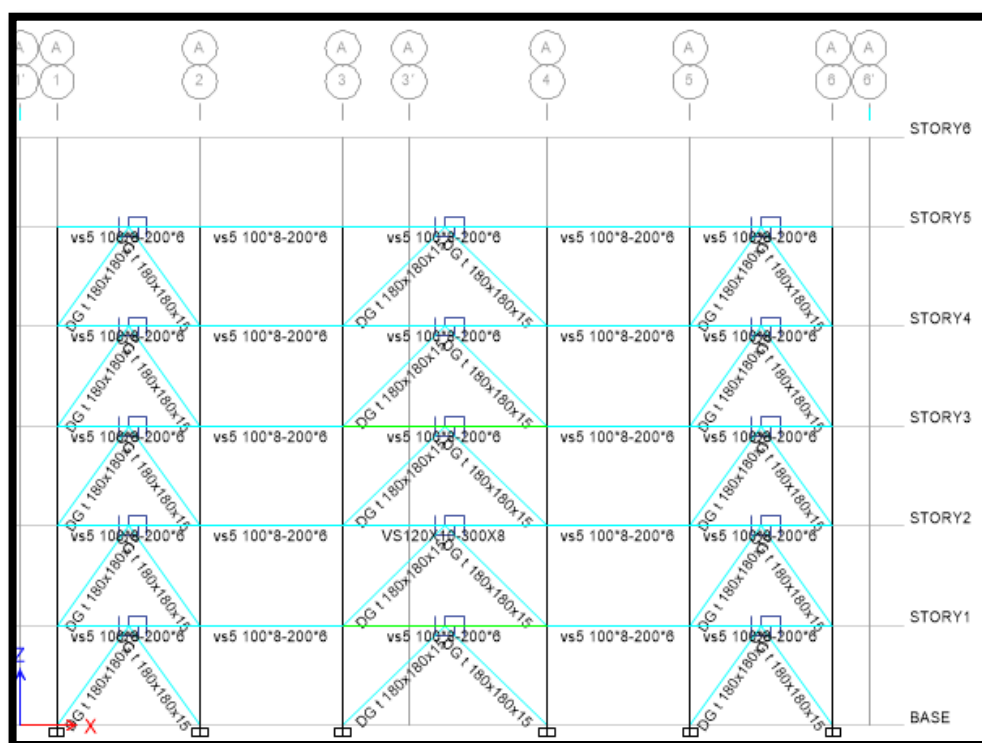


Figura 3.93. Secciones de Chevron.

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se presentan los detalles del disipador sísmico en la Figura 3.94.

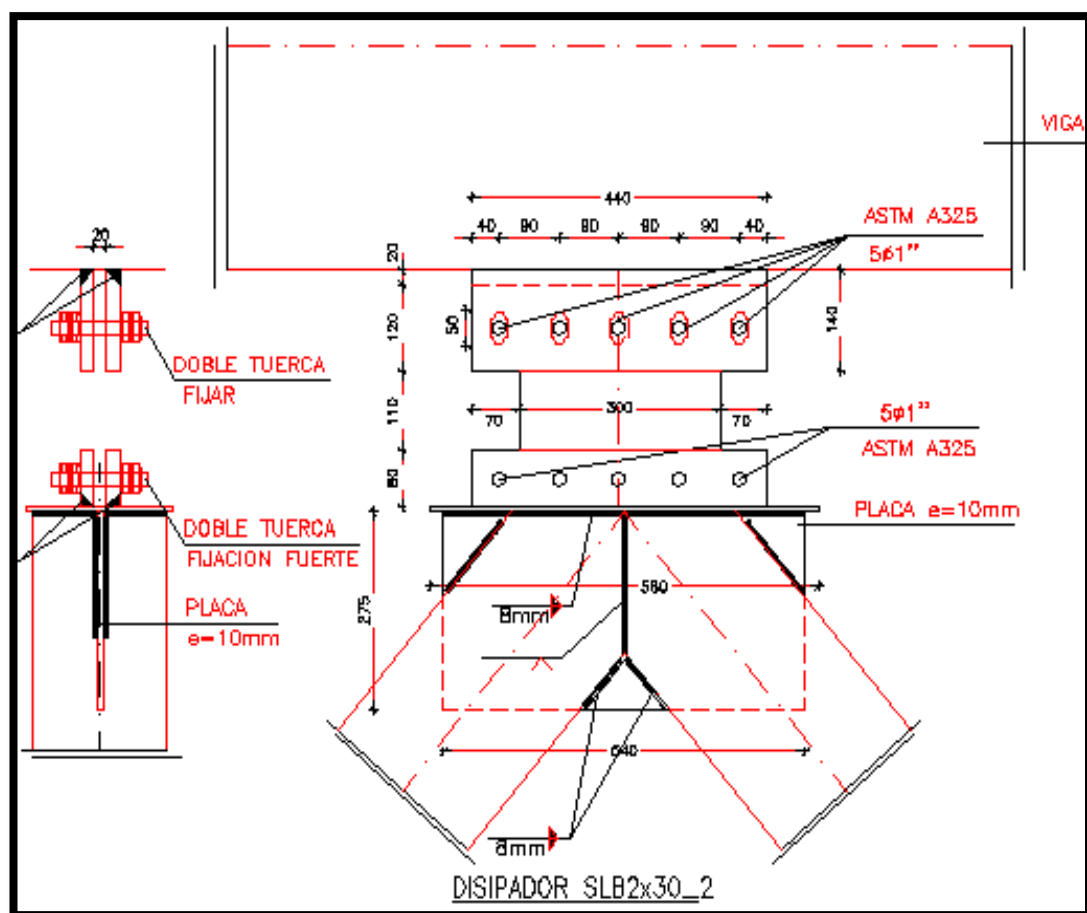


Figura 3.94. Detalle de Disipador sísmico

Elaborado por: Adriana Mena

En la Tabla 3.66 se muestran los pesos finales de los elementos de Acero Estructural como son vigas primarias, secundarias, viguetas y columnas para el modelo convencional.

Tabla 3.66.

Resumen de Pesos de los Elementos de Acero Estructural en modelo convencional.

NIVEL	PLANTA	AREA	PESOS					PESO TOTAL
			COLUMNAS			VIGAS		
		m2	col con Hor (ton)	col sin Hor (ton)	kg	ton	kg	kg/m2
1	parqueadero	550.6	64.97	13.27	13274.34	18.38	18376.55	57.48
2	oficinas	550.6	64.97	13.27	13274.34	19.69	19690.01	59.87
3	oficinas	550.6	64.97	13.27	13274.34	18.50	18503.91	57.72
4	oficinas	550.6	64.97	13.27	13274.34	19.36	19359.7	59.27
5	terrazza accesible	550.6	64.97	13.27	13274.34	13.43	13425.24	48.49
6	tapa grada	20.6	9.69	3.32	3315.88	0.49	486.97	76.06
							PROM	56.57

Elaborado por: Adriana Mena

Para el modelo con disipadores, se toman en cuenta los elementos de acero estructural como son vigas principales, secundarias, viguetas, columnas y Chevron, como se indica en la Tabla 3.67

Tabla 3.67.

Resumen de Pesos de los Elementos de Acero Estructural con disipadores.

NIVEL	PLANTA	AREA	PESOS							PESO TOTAL
			COLUMNAS			VIGAS		Dispositivo y diagonales		
		m2	col con Hor (ton)	col sin Hor (ton)	kg	ton	kg	ton	kg	kg/m2
1	parqueadero	550.6	27.83	9.86	9859.48	15.23	15225.50	4.96	4955.1	54.56
2	oficinas	550.6	27.83	9.86	9859.48	14.23	14229.20	4.96	4955.1	52.75
3	oficinas	550.6	27.83	9.86	9859.48	14.27	14266.40	4.96	4955.1	52.82
4	oficinas	550.6	27.83	9.86	9859.48	14.00	14001.70	4.96	4955.1	52.34
5	terrazza accesible	550.6	27.83	9.86	9859.48	12.82	12818.90	4.96	4955.1	50.19
6	tapa grada	20.6	4.29	1.52	1517.93	0.53	534.30	0.00	0	48.86
									PROM	52.53

Elaborado por: Adriana Mena

En el modelo con disipadores sísmicos se puede apreciar una disminución de los pesos totales de la estructura con relación al modelo convencional, como se aprecia en la Tabla 3.68.

Tabla 3.68

Cuadro Comparativo de Pesos de los Elementos Estructurales

Nivel	h	hi	Ai	Modelo Convencional		Modelo con Disipadores	
				W	Wi	W	Wi
	m	m	m ²	T/m ²	T	T/m ²	T
17.7	2.7	17.7	20.6	0.418	8.610	0.311	6.402
15	3	15	550.6	0.434	239.164	0.355	195.562
12	3	12	550.6	0.608	334.566	0.520	286.212
9	3	9	550.6	0.606	333.710	0.520	286.477
6	3	6	550.6	0.608	334.896	0.520	286.440
3	3	3	550.6	0.606	333.583	0.522	287.436
TOTAL			2773.6		1584.530		1373.87

Elaborado por: Adriana Mena

A continuación se presenta la comparación cuantitativa y cualitativa de cortes, desplazamientos y derivas para sismo en el sentido X y Y.

En la Figura 3.95 y la Tabla 3.69 se presentan los valores para realizar el diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en X.

Tabla 3.69

Valores de diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en X.

H	V Modelo Convencional	V Modelo con Disipadores
m	ton	ton
0	321.47	311.62
0	321.47	311.62
3	321.47	311.62
3	302.78	265.4
6	302.78	265.4
6	270.02	222.9
9	270.02	222.9
9	195.32	158.54
12	195.32	158.54
12	98.68	79.27
15	98.68	79.27
15	7.99	5.2
17.7	7.99	5.2
17.7	0	0

Elaborado por: Adriana Mena

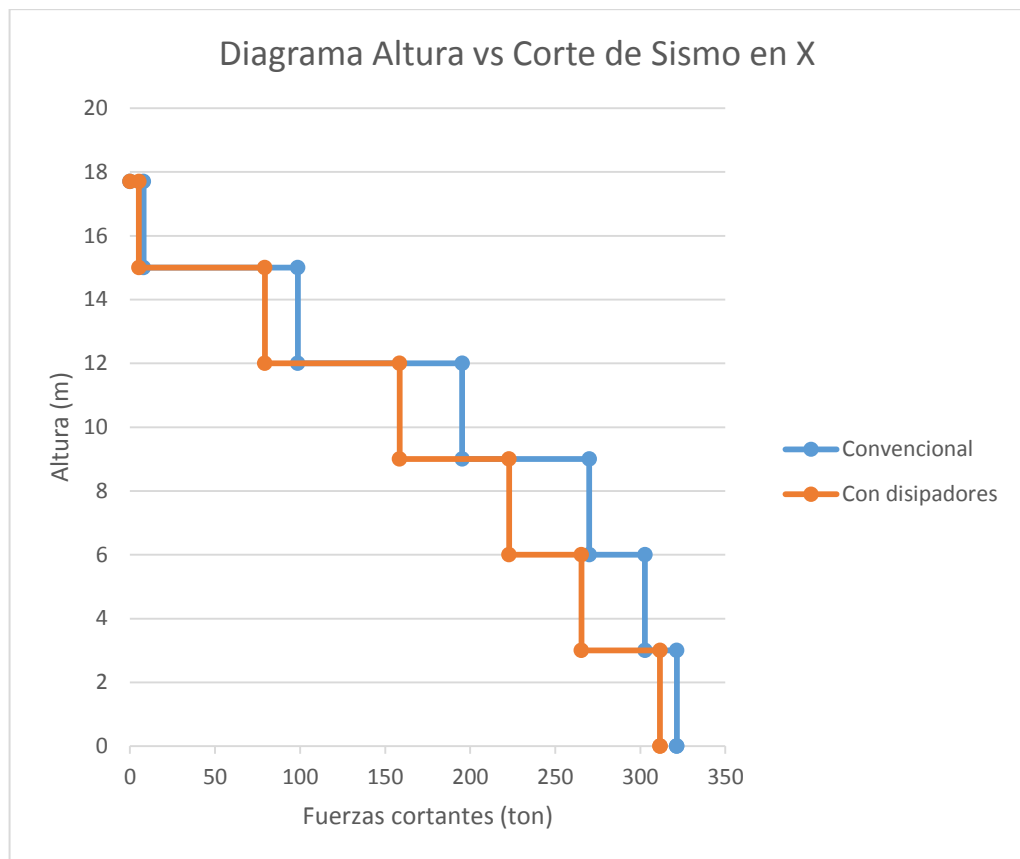


Figura 3.95. Diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en X.
Elaborado por: Adriana Mena

Se presenta una comparación de cortes de sismo en el sentido Y, tal como se muestra en la Figura 3.96 y en la Tabla 3.70.

Tabla 3.70.

Valores de diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en Y.

H	V Modelo Convencional	V Modelo con Disipadores
m	ton	ton
0	321.07	311.67
0	321.07	311.67
3	321.07	311.67
3	303.52	289.65
6	303.52	289.65
6	261.95	242.64
9	261.95	242.64
9	196.22	172.92
12	196.22	172.92
12	97.63	79.29
15	97.63	79.29
15	6.82	4.92
17.7	6.82	4.92
17.7	0	0

Elaborado por: Adriana Mena

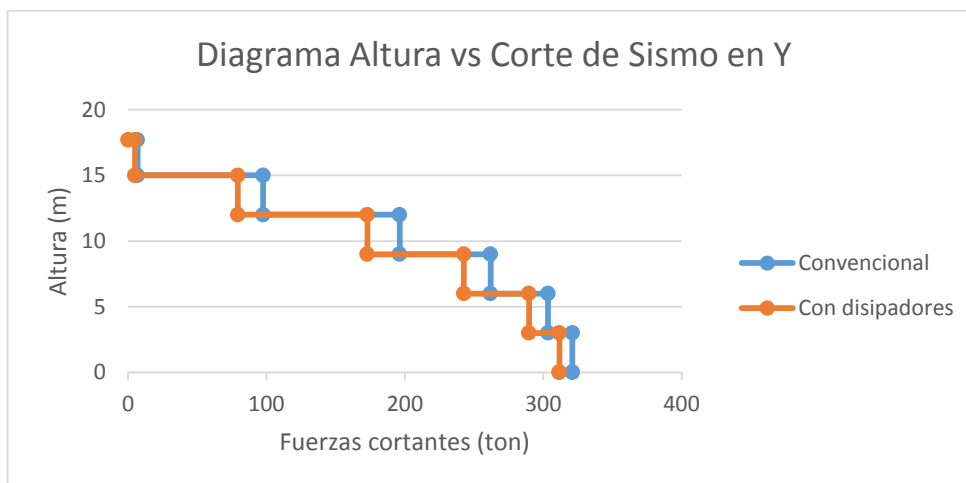


Figura 3.96. Diagrama comparativo de Altura vs Cortes en el sismo en Y.

Elaborado por: Adriana Mena

Los desplazamientos de sismo en X se indican en la Figura 3.97 y en la Tabla 3.71.

Tabla 3.71.

Valores de diagrama comparativo de Altura vs desplazamientos en el sismo en X.

H	Desplazamientos Modelo Convencional	Desplazamientos Modelo con Disipadores
m	mm	mm
0	0	0
3	3.48	1.7
6	11.29	3.96
9	20.94	6.24
12	30.93	8.28
15	40.52	9.83
17.7	31.47	12.48

Elaborado por: Adriana Mena

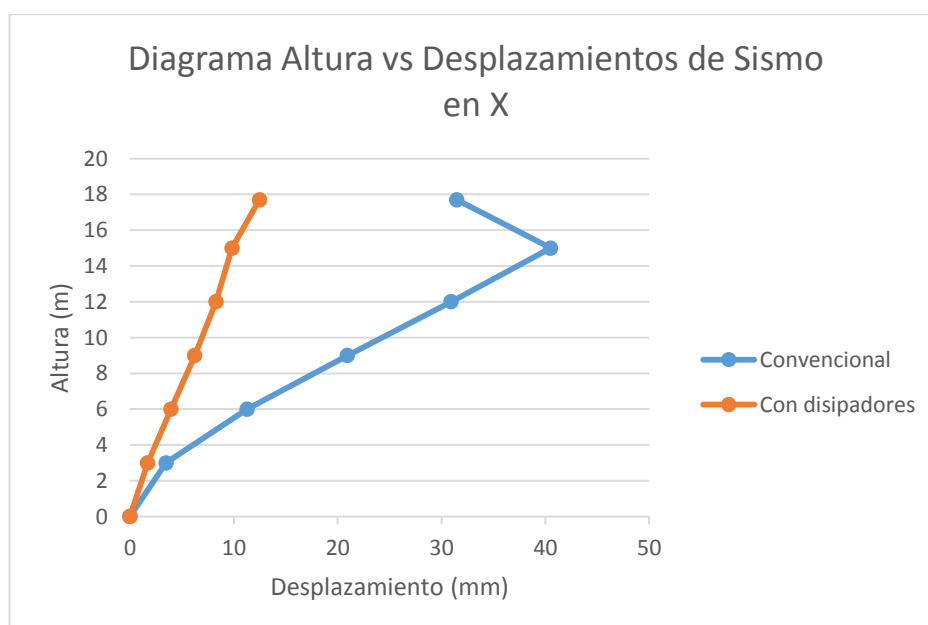


Figura 3.97. Diagrama comparativo de Altura vs Desplazamiento sismo X.

Elaborado por: Adriana Mena

Los desplazamientos de sismo en Y se indican en la Figura 3.98 y en la Tabla 3.72.

Tabla 3.72.

Valores de diagrama comparativo de Altura vs desplazamientos en sismo Y.

H	Desplazamientos Modelo Convencional	Desplazamientos Modelo con Disipadores
m	mm	Mm
0	0	0
3	3.4	3.17
6	10.52	7.6
9	19.14	11.93
12	28.01	15.62
15	36.5	18.33
17.7	30.73	21.17

Elaborado por: Adriana Mena

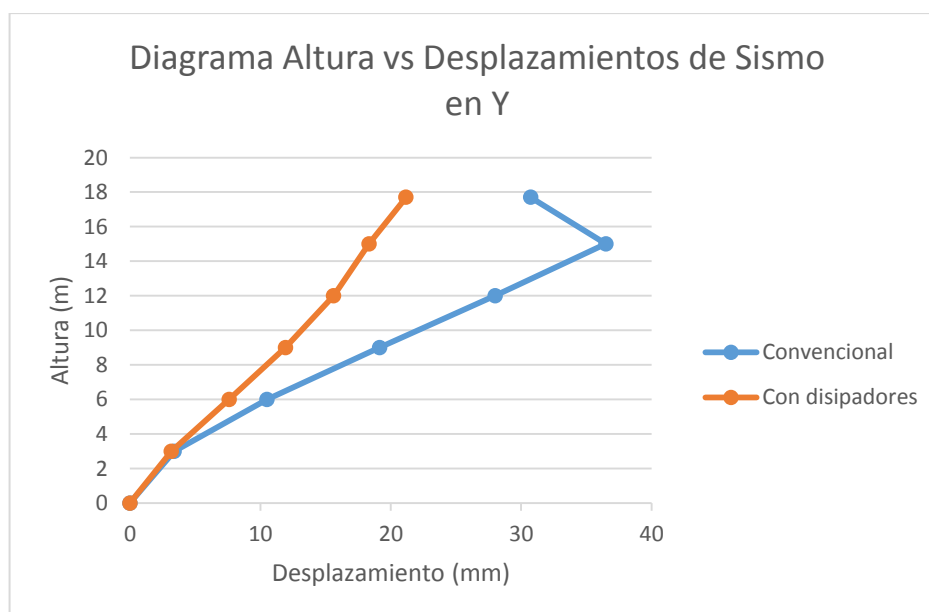


Figura 3.98. Diagrama comparativo de Altura vs Desplazamiento sismo Y.

Elaborado por: Adriana Mena

Las derivas de piso en sismo en X se indican en la Figura 3.99 y en la Tabla 3.73.

Tabla 3.73.

Valores de diagrama comparativo de Altura vs derivas de piso en sismo X.

H (m)	Derivas de piso Modelo Convencional	Derivas de piso Modelo con Disipadores
0	0	0
3	0.0011	0.000564
6	0.002527	0.000754
9	0.003126	0.000765
12	0.003233	0.000686
15	0.003108	0.000546
17.7	0.002	0.001314

Elaborado por: Adriana Mena

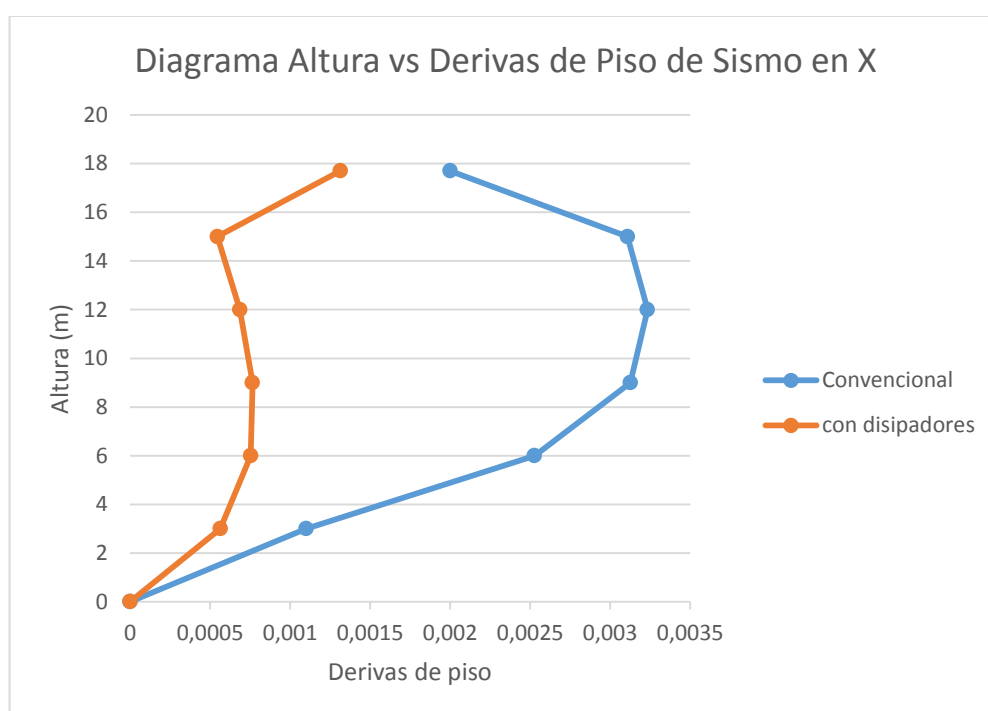


Figura 3.99. Diagrama comparativo de Altura vs Derivas de pisos sismo X.

Elaborado por: Adriana Mena

Las derivas de piso en sismo en Y se indican en la Figura 3.100 y en la Tabla 3.74.

Tabla 3.74.

Valores de diagrama comparativo de Altura vs derivas de piso en sismo Y.

H (m)	Derivas de piso Modelo Convencional	Derivas de piso Modelo con Disipadores
0	0	0
3	0.001093	0.001056
6	0.002293	0.001477
9	0.002781	0.001454
12	0.002865	0.001259
15	0.00275	0.000944
17.7	0.001852	0.001905

Elaborado por: Adriana Mena

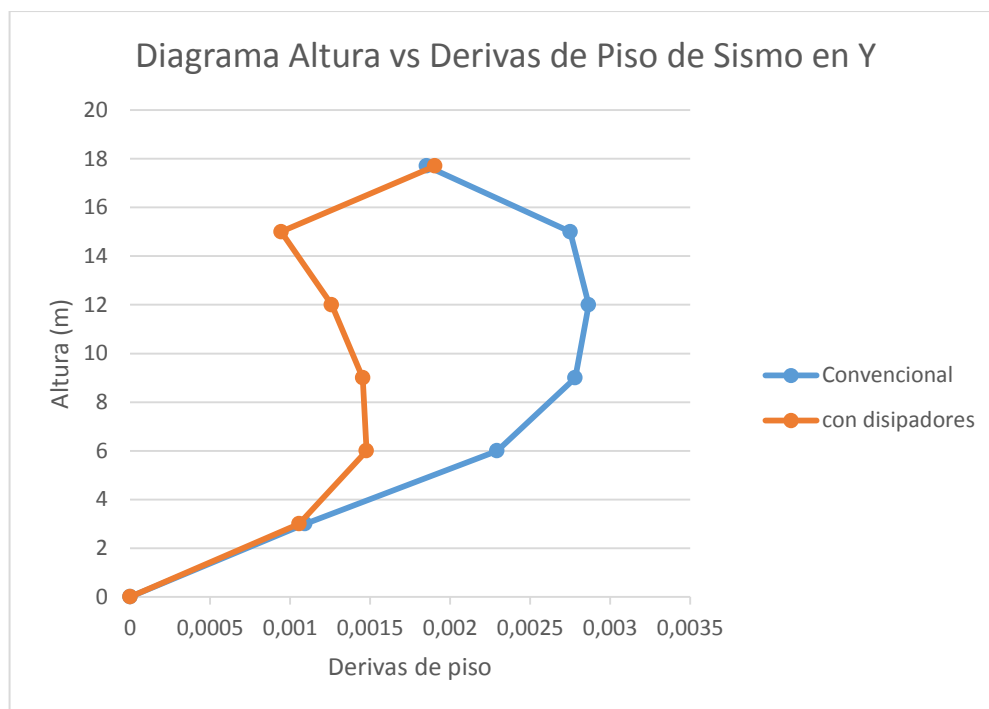


Figura 3.100. Diagrama comparativo de Altura vs Derivas de pisos sismo Y.

Elaborado por: Adriana Mena

Por último se presenta un cuadro comparativo entre el modelo Convencional y el Modelo con disipadores sísmicos, como se puede apreciar en la Tabla 3.75.

Tabla 3.75.

Cuadro Comparativo entre Modelo Convencional y disipadores sísmicos.

Propiedad	Modelo Convencional	Modelo con Disipadores
Cortante Basal	0.199 W	0.227 W
Derivas Máximas (%)	1.94	0.77
Periodos de Vibración (seg)		
M1	0.761	0.429
M2	0.486	0.305
M3	0.455	0.226

Elaborado por: Adriana Mena

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Los disipadores sísmicos SLB (Shear Link Bozzo) aumentan la resistencia de los elementos estructurales de la edificación ya que mejoran la ductilidad en el edificio, además de reducir el peso propio de la estructura a través de la eliminación de muros de corte y disminución de secciones en vigas y columnas.
- Con la implementación de los disipadores en la estructura se ha disminuido el factor de reducción $R=8$ para el caso de la estructura convencional a un valor de $R=7$ en la estructura con los dispositivos SLB, lo cual ha conllevado a un aumento del cortante basal de $V=0.199W$ para el primer caso por $V=0.227W$ en el segundo caso.
- Se puede apreciar menores desplazamientos en el modelo con disipadores con relación al modelo convencional, para la estructura tradicional se obtuvo un valor máximo de 1.94 % el cual está muy cercano al límite de la deriva máxima inelástica de acuerdo a lo indicado en la norma NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico, el cual tiene un valor de 2% máximo. Por el contrario, con la implementación de los disipadores SLB, la deriva máxima inelástica en esta estructura fue de 0.77%, lo cual revela una reducción de desplazamientos en todas las plantas al estar sometida a fuerzas sísmicas debido a que el disipador se encarga de disipar la energía.

- De la misma manera que en el punto anterior, los periodos de vibración obtenidos demuestran un descenso al recurrir al uso de los disipadores, siendo que para el modelo tradicional el periodo máximo de vibración es de 0.761seg, y para el modelo SLB es de 0.42 seg. Esto resulta beneficioso debido a que existe mayor rigidez conservando un movimiento armónico durante el sismo.
- El movimiento rotacional es más crítico en el edificio sin disipadores ya que al incluir estos elementos sísmicos en la estructura, permiten tener mayor control en la rotación, refiriéndose al modo de vibración 3 como podemos observar en la Tabla 3.75 donde el modo de vibración 3 en el diseño sin disipadores tiene un valor de 0.455 seg con respecto a uso de disipadores que es de 0.226 seg.
- Cuando intervienen los disipadores sísmicos existe una reducción de peso aproximadamente del 2% solo en lo correspondiente a los elementos de acero estructural como son las vigas primarias, secundarias, viguetas y columnas, mientras que si tomamos en cuenta el peso total de la estructura tendremos una disminución considerable del orden del 15% puesto que se eliminan los muros de corte representando una disminución económica.
- A pesar de tener secciones relativamente pequeñas en los elementos tipo Chevron, estos se encuentran sobre dimensionado puesto que su

trabajabilidad está en un rango entre el 8% y 59%, lo cual es conveniente porque trabajan dentro del rango elástico durante un evento sísmico, esto permite que las vigas y columnas no lleguen a deformarse permanentemente.

- Las secciones en vigas y columnas diseñadas de forma tradicional están sobredimensionadas para cumplir con los desplazamientos, las cuales trabajan entre el 10% y 75% de su capacidad, al contrario de los elementos con disipadores que se encuentran entre el 30% y el 98%, lo que permite tener secciones más óptimas desde el punto de vista económico.
- Otra gran ventaja de los disipadores sísmicos SLB, es que pueden ser colocados en puntos estratégicos donde crea conveniente el diseñador de tal manera que mejore el amortiguamiento estructural de la edificación, siendo una tecnología relativamente nueva, y su costo en el mercado es bastante accesible.
- Al presentarse un sismo de gran magnitud, la estructura convencional puede llegar a sufrir daños severos en sus elementos estructurales y no estructurales tales como tabiquería, cielos rasos, etc. Al contrario al utilizar disipadores sísmicos SLB, estos recibirán el exceso de energía disipándola y la estructura no recibirá daños severos, permitiendo el cambio del dispositivo después del sismo.

4.2. Recomendaciones

- En el presente estudio no se toma en cuenta el análisis tiempo historia, se sugiere realizar una ampliación del estudio a través del análisis tiempo historia, para obtener datos más reales frente a un evento sísmico.
- En este diseño no se ha tomado en consideración el análisis de cimentación, por lo que se recomienda realizar un estudio más completo, puesto que el comportamiento de estos elementos pueden afectar en gran magnitud el comportamiento de los elementos estructurales.
- Sería necesario efectuar un análisis de costos, para realizar una comparación entre las estructuras modeladas en este proyecto y determinar el costo/beneficio del uso de los disipadores sísmicos.
- Se recomienda ampliar el estudio mediante la implementación de otros dispositivos de disipación sísmica, como por ejemplo disipadores de fluido viscoso.

4.3. Referencias Bibliográficas

- Hurtado, F., & Bozzo, L. (2008). *NUMERICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF A SHEAR-LINK ENERGY DISSIPATOR*. Morelia Michoacán, México: University of Michoacán (UMSNH), Civil Engineer School, Structures Department.**
- Stua, J., & Massa, J. (2017). *EFICIENCIA DE DISIPADORES SÍSMICOS*. Perú.**
- AGUIAR FALCONI, R. R. (2016). *ANALISIS SISMICO DEL BLOQUE ESTRUCTURAL 4 DE UFA-ESPE CON DISIPADORES DE ENERGIA SHEAR LINK BOZZO*. Quito: espe.edu.ec.**
- Aisladores y disipadores sísmicos - Estructurando. (2014). *Aisladores y disipadores sísmicos*. Perú, Mexico.**
- Cassano, A. (2009). *ANALISIS DE ESTRUCTURAS BAJO ACCIONES DINAMICAS*. Paraná: Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional - edUTecNe.**
- Catalogo Instadeck - Losa Colaborante. (2018). *Catalogo Instadeck*.**
- Dr. Villareal, G., & M. Sc. Oviedo Sarmiento, R. (2009). *Disipadores de Energía*. Lima- Perú: INGENIERÍA ESTRUCTURAL.**
- Especificaciones Técnicas Kubilosa . (2017). *Catalogo Kubilosa*.**
- Ing. Bozzo, L. (2018). *Disipadores Sismicos, Casos de Estudio*. Lima - Perú.**
- Ing. Bozzo, L., & Helbert Gonzales, G. G. (2016). *Analisis y Diseño Utilizando Disipadores Sismicos Tipo SLB*. Perú, Mexico, España.**
- Ing. Cabanillas Rodríguez, J. (2014). *SISTEMAS DE PROTECCION SISMICA EN CENTROS DE SALUD Y OTROS*. Perú: Disepro Ingenieros Estructurales.**
- Ing. IBurgos Namuche, M. (2015). *DISIPACION DE ENERGIA SISMICA PARA EL DISEÑO Y*.**

NEC - SE- CG. (2015). *Cargas Sísmicas*. Ecuador.

NEC - SE- DS - Peligro Sísmico. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Ecuador.

NEC- Estructuras de Acero. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Ecuador.

NEC- SE-HM - Hormigón Armado. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción Hormigón Armado*. Ecuador.

Tesis Alvear Rúales. (2015). *Análisis de Losas Colaborantes*. Quito.

Torres Jaramillo, P. J., & Matango Angamarca, A. S. (2017). *Evaluación y Comparación del reforzamiento, mediante la utilización de los disipadores de Energía Tipo shear Link, respecto a una reforzamiento con muros de corte*. Quito - Ecuador: Escuela Politécnica Nacional - Facultad de Ingeniería Civil.

Trujillo Ortiz , J., & James Kennedy, R. (2014). Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. *Disipadores de Energía*. Huacho, Perú.

ANEXOS

ANEXO N°1

Detalle de Pesos de Mampostería

Anexo 1

Analisis de Cargas

Peso de ventanas	
Peso Espec del vidrio =	2651,3 kg/m ³
Espesor del cristal =	0,005 m
ANCHO DEL PERFIL =	0,041 m
ESPESOR DEL PERFIL =	0,02 m
Area de planta=	550 m ²

Dimensiones de Ventanas

Altura de ventana baño =	0,5
Altura 1 ventana =	0,8
Altura 2 ventana =	1,8

Dimensiones de Vidrio

altura baño	0,46 m
altura 1	0,76 m
altura 2	1,76 m

LONGITUD	Area
7,52 m	3,46 m ²
20,48 m	15,56 m ²
24,88 m	43,79 m ²
total	62,81 m ²

volumen=	0,31 m ³
peso=	832,67 kg
peso /m=	1,43 kg/m ²

peso de perfil de aluminio

peso espec de aluminio=	2753,23 kg/m ³
-------------------------	---------------------------

LONGITUD	vertical (m ²)	Area horizontal (m ²)
0,22 m	0,11	0,301
0,56 m	0,448	0,819
0,5 m	0,9	0,995
total	1,458	2,115 m²

Area Total=	3,57 m2
volumen=	0,15 m3
peso=	403,35 kg
peso /m=	0,69 kg/m2

Peso total ventana	2,118 kg/m2
Area total ventana	66,386 m2

Peso de paredes

OFICINAS

altura total de entrepiso	3 m
---------------------------	-----

peso especifico	1223,66 kg/m3	Bloque hueco de hormigón
altura del bloque	0,19 m	
ancho del bloque	0,39 m	
espesor del bloque	0,15 m	
Area del bloque	0,074 m2	
volumen bloque	0,011 m3	
peso bloque	13,601 kg	
peso especifico mortero	2039,43 kg/m3	Cemento compuesto y arena 1:3 a 1: 5
espesor	0,015 m	
area mortero/m2	0,061 m2	
volumen del mortero/m2	0,009 m3	
peso del mortero /m2	18,731 kg	
LONGITUD total	185,3 m	
area total bloques+MORTERO	555,9 m2	
area bloques + MORTERO	489,514 m2	
area total bloques	453,41 m2	
volumen total bloques	68,01 m3	
peso bloques	83223,38 kg	Peso total blo 142,63 kg/m2
area total mortero	29,97 m2	
volumen total mortero	4,50 m3	
peso de mortero	9168,95 kg	Peso total mo 15,71 kg/m2

Peso total de pared	160,46 kg/m2
---------------------	--------------

TERRAZA ACCESIBLE

Altura pared antepecho	1,2 m
Altura pared tapagrada	2,7 m
ALTURA DE VENTAN.	1,3 m
LONGITUD de ventana	9,22 m
LONGITUD antepecho	100,45 m
LONGITUD tapagrada	26,11 m
area de ventanas	12,478 m2
volumen total ventana	0,080 m2
peso ventana	0,367 kg/m2
area total bloques+MORTERO	191,037 m2
area bloques + MORT sin ver	178,559 m2
area total bloques	165,391 m2
volumen total bloques	24,809 m3
peso bloques	30357,29 kg
area total mortero	10,933 m2
volumen total mortero	0,164 m3
peso de mortero	334,45 kg
peso total bloques	52,03 kg/m2
peso total mortero	0,57 kg/m2
Peso total de pared	52,97 kg/m2

Cargas utilizadas

Peso losa deck 10cm	174,38 kg/m2	hormigon+malla+placa
Peso de masillado	40 kg/m2	
Peso electri y sanitarias	5 kg/m2	
Baldosas de 1cm espesor	40 kg/m2	
Paredes modulares	45 kg/m2	
Cielo raso	10 kg/m2	
Paredes	160,46 kg/m2	
Paredes terraza accesible	52,97 kg/m2	

Cargas por Planta

TAPA GRADA

Peso losa deck 10cm	174,38 kg/m2
Peso de masillado	40 kg/m2
TOTAL=	214,38 kg/m2

TERRAZA ACCESIBLE

Peso losa deck 10cm	174,38 kg/m2
Peso de masillado	40,0 kg/m2
Peso electri y sanitar	5,0 kg/m2
Paredes	52,97 kg/m2
TOTAL=	272,35 kg/m2

OFICINAS

Peso losa deck 10cm	174,38 kg/m2
Baldosas de 1cm esp	40,0 kg/m2
Peso electri y sanitar	5,0 kg/m2
Paredes	160,46 kg/m2
Cielo raso	10,00 kg/m2
paredes modulares	45,00 kg/m2
TOTAL=	434,84 kg/m2

PARQUEADERO

Peso losa deck 10cm	174,38 kg/m2
Peso electri y sanitar	5,00 kg/m2
Paredes	160,46 kg/m2
Peso de masillado	40,00 kg/m2
TOTAL=	379,84 kg/m2

ANEXO N°2

Diseño de Cortante Basal y Espectro de Respuesta

Anexo 2

Cortante Basal y Espectro de Respuestas

Glosario de Terminos

Sa (Ta): Espectro de diseño en aceleración

ØP y ØE: Coeficientes de configuración en planta y elevación

I: Coeficiente de importancia;

R: Factor de reducción de resistencia sísmica;

V: Cortante basal total de diseño;

W: Carga sísmica reactiva;

Ta: Período de vibración.

Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó

Fd: Coeficiente de amplificación de ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos

Fs: Coeficiente de comportamiento no lineal de los cortos

T: Periodo Fundamental de vibración, depende de la altura de la edificación

h: Altura total de la estructura

Tc y Tl: límites del periodo de Vibración

To: eriodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico

k: Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura

R:Factor de reducción de Respuesta Estructural

ΔM : Valor de deriva máxima.

ΔE: Desplazamiento obtenido en aplicación de las fuerzas laterales

1. FACTOR DE IMPORTANCIA "I"

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coeficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Tabla 6: Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

$$I = 1.0$$

2. ACELERACION ESPECTRAL CORRESPONDIENTE AL ESPECTRO RESPUESTA ELÁS'

$$\begin{aligned} 1) \quad S_a &= \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c \\ 2) \quad S_a &= \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \text{ para } T > T_c \end{aligned}$$

2.1 Aceleración Espectral "Z" y Zona Sísmica

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 1. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada

Ingresar la Provincia y la Ciudad

Provincia: pichincha

Ciudad: quito

Z= 0,4

Zona: Zona V

2.2 factor "n" Razón entre la aceleración espectral S_a ($T=0.10$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado

- $\eta = 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta = 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta = 2.60$: Provincias del Oriente

Colocar la Región en donde construirá la edificación:

Región: Sierra

n= 2,48

2.3 T_c Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que represente el sismo de diseño

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Tipo de perfil del suelo D

$r =$ Factor usado en el espectro de diseño elástico, los valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r = 1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$r = 1,5$ para tipo de suelo E.

r= 1

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Tabla 3: Tipo de suelo y Factores de sitio F_s

Fa= 1,2

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 4 : Tipo de suelo y Factores de sitio F_s

$$F_d = 1,19$$

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Tabla 5 : Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo F_s

$$F_s = 1,28$$

$$T_o = 0.1 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0,127$$

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_c = 0,6981$$

$$T_l = 2,856$$

2.4 Periodo de Vibración T

$$\text{Altura de la Edificación}(h_n): 17,70 \text{ m}$$

$$T = C_t h_n^a$$

Tipo de estructura	C_t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

$C_t =$	0,072
$\alpha =$	0,8

$$T = 0,717$$

OJO!!! --> USAR RESULTADO DE ECUACIÓN 2!!!

ECUACIÓN 1

$$S_a = \eta Z F_a \text{ para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = 1,1904$$

ECUACIÓN 2

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \text{ para } T > T_c$$

$$S_a = 1,1586$$

$$\text{----> } S_a = 1,1586$$

3. FACTOR DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA ESTRUCTURAL "R"

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas descolgadas.	8

$$R = 8 \text{ Para Estructura Convencional}$$

$$R = 7 \text{ Para Estructura con disipadores Sismicos}$$

4. FACTOR DE CONFIGURACIÓN EN PLANTA Φ_P

Φ_P Coeficiente de regularidad en planta

Φ_{PA} Mínimo valor Φ_{Pi} de cada piso i de la estructura en el caso de irregularidades tipo 1, 2 y/o 3

Φ_{PB} Mínimo valor Φ_{Pi} de cada piso i de la estructura en el caso de irregularidades tipo 4

Φ_{Pi} Coeficiente de configuración en planta

Cuando una estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritas en la Tabla 11, en ninguno de sus pisos, Φ_P tomará el valor de 1 y se le considerará como regular en planta.

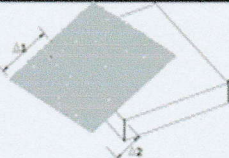
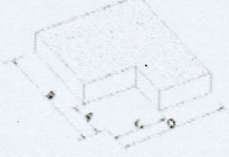
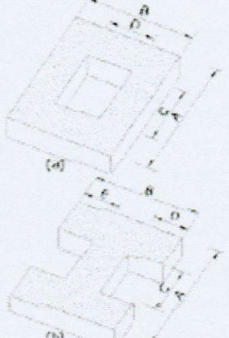
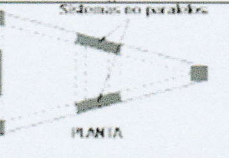
<p>Tipo 1 - Irregularidad torsional $\phi_P=0.9$ $\Delta > 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}$</p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas $\phi_P=0.9$ $A > 0.15B$ y $C > 0.15D$</p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso $\phi_P=0.9$ a) $CxD > 0.5Ax8$ b) $[CxD + CxE] > 0.5Ax8$</p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos $\phi_P=0.9$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlás como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Tabla 13: Coeficientes de irregularidad en planta

$\Phi_{PA} =$	0,9
$\Phi_{PB} =$	0,9

$\Phi_P =$	0,81
------------	------

5. FACTOR DE CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN Φ_E

O_E Coeficiente de regularidad en elevación

O_{EA} Mínimo valor O_{Ei} de cada piso i de la estructura, en el caso de irregularidades tipo 1; O_{Ei} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 1

O_{EB} Mínimo valor O_{Ei} de cada piso i de la estructura, en el caso de irregularidades tipo 1; O_{Ei} en cada piso se calcula como el mínimo valor expresado por la tabla para la irregularidad tipo 2 y/o 3

O_{Ei} Coeficiente de configuración en elevación

Cuando una estructura no contempla ninguno de los tipos de irregularidades descritos en las [Tabla 13](#) y [Tabla 14](#) en ninguno de sus niveles, $O_E = 1$ y se le considerará como regular en elevación.

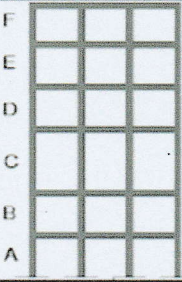
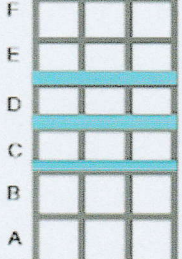
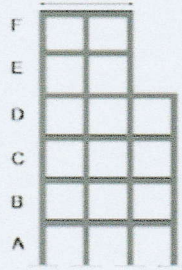
<p>Tipo 1 - Piso flexible $\phi_E = 0.9$ Rigidez $K_i < 0.70$ Rigidez K_0 Rigidez $< 0.80 \frac{(K_D + K_T + K_F)}{3}$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p>Tipo 2 - Distribución de masa $\phi_E = 0.9$ $m_0 > 1.50 m_E$ ó $m_0 > 1.50 m_C$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p>Tipo 3 - Irregularidad geométrica $\phi_E = 0.9$ $a > 1.3 b$</p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Tabla 14 : Coeficientes de irregularidad en elevación

$$\Phi_{EA} = 1$$

$$\Phi_{EB} = 0,9$$

$$\Phi_E = 0,9$$

Cortante Basal

$$V = \frac{I S_a}{R \phi_P \phi_E} W$$

Estructura Convencional

CORTE BASAL V

$$V = \frac{1}{8} \times \frac{1,15856}{0,81 \times 0,90} W$$

$$V = 0,199 W \text{ peso muerto}$$

Estructura con Disipadores Sismicos

CORTE BASAL V

$$V = \frac{1}{7} \times \frac{1,15856}{0,81 \times 0,90} W$$

$$V = 0,227 W \text{ peso muerto}$$

Derivas de Piso

$$\Delta e = \frac{0,02}{0,75 * R}$$

Estructura Convencional

$$\Delta e = \frac{0,02}{0,75 * 8}$$

$$\Delta e = 0,0033$$

Estructura con Disipadores Sismicos

$$\Delta e = \frac{0,02}{0,75 * 7}$$

$$\Delta e = 0,0038$$

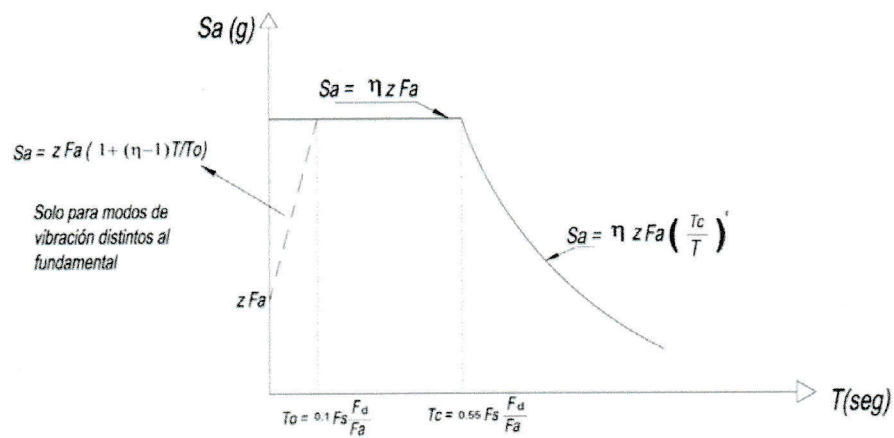
Coefficiente relacionado con el período de vibración de la estructura

$$K = 0,75 + 0,5 T$$

$$K = 1,109$$

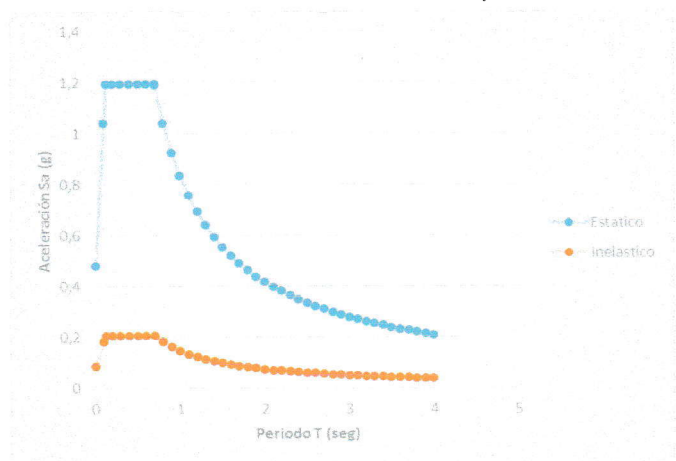
Valores de T (s)	k
$\leq 0,5$	1
$0,5 < T \leq 2,5$	$0,75 + 0,50 T$
$> 2,5$	2

Espectro sísmico elástico de aceleraciones



Estructura Convencional

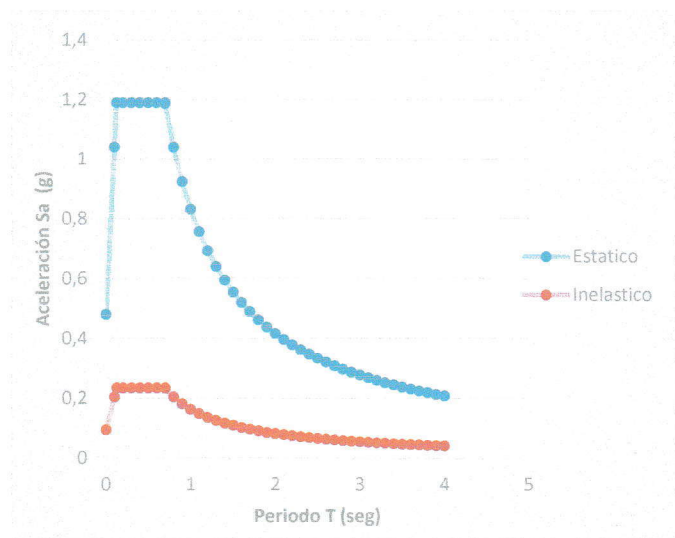
Periodo T(seg)	Aceleración Elástica	Aceleración Inelástica (S)
0,000	0,480	0,082
0,100	1,040	0,178
0,127	1,190	0,204
0,200	1,190	0,204
0,300	1,190	0,204
0,400	1,190	0,204
0,500	1,190	0,204
0,600	1,190	0,204
0,698	1,190	0,204
0,700	1,187	0,204
0,800	1,039	0,178
0,900	0,923	0,158
1,000	0,831	0,142
1,100	0,756	0,130
1,200	0,693	0,119
1,300	0,639	0,110
1,400	0,594	0,102
1,500	0,554	0,095
1,600	0,519	0,089
1,700	0,489	0,084
1,800	0,462	0,079
1,900	0,437	0,075
2,000	0,416	0,071
2,100	0,396	0,068
2,200	0,378	0,065
2,300	0,361	0,062
2,400	0,346	0,059



2,500	0,332	0,057
2,600	0,320	0,055
2,700	0,308	0,053
2,800	0,297	0,051
2,900	0,287	0,049
3,000	0,277	0,047
3,100	0,268	0,046
3,200	0,260	0,045
3,300	0,252	0,043
3,400	0,244	0,042
3,500	0,237	0,041
3,600	0,231	0,040
3,700	0,225	0,039
3,800	0,219	0,037
3,900	0,213	0,037
4,000	0,208	0,036

Estructura con Disipadores Sismicos

Periodo T(seg)	Aceleración Elástica	Aceleración Inelástico (S)
0,000	0,480	0,094
0,100	1,040	0,204
0,127	1,190	0,233
0,200	1,190	0,233
0,300	1,190	0,233
0,400	1,190	0,233
0,500	1,190	0,233
0,600	1,190	0,233
0,698	1,190	0,233
0,700	1,187	0,233
0,800	1,039	0,204
0,900	0,923	0,181
1,000	0,831	0,163
1,100	0,756	0,148
1,200	0,693	0,136
1,300	0,639	0,125
1,400	0,594	0,116
1,500	0,554	0,109
1,600	0,519	0,102
1,700	0,489	0,096
1,800	0,462	0,090
1,900	0,437	0,086
2,000	0,416	0,081
2,100	0,396	0,078
2,200	0,378	0,074
2,300	0,361	0,071
2,400	0,346	0,068



2,500	0,332	0,065
2,600	0,320	0,063
2,700	0,308	0,060
2,800	0,297	0,058
2,900	0,287	0,056
3,000	0,277	0,054
3,100	0,268	0,053
3,200	0,260	0,051
3,300	0,252	0,049
3,400	0,244	0,048
3,500	0,237	0,047
3,600	0,231	0,045
3,700	0,225	0,044
3,800	0,219	0,043
3,900	0,213	0,042
4,000	0,208	0,041

ANEXO N°3

Prediseño de Vigas y Viguetas

Anexo 3

Prediseño de Vigas Principales, Secundarias y Viguetas

Glosario de Terminos

W= Combinación de cargas (1.2 CM+1.6CV)

CM= Carga Muerta

CV= Carga Viva

Area coop= Mosaico de Cargas

P= Carga en Ton/m

Ru= Reaccion en Ton-m

M= momento en Ton-m

S= Modulo Seccional en cm³

Ixx= Inercia en XX

Iyy= Inercia en YY

Sxx= Modulo Seccional en XX

Syy= Modulo Seccional en YY

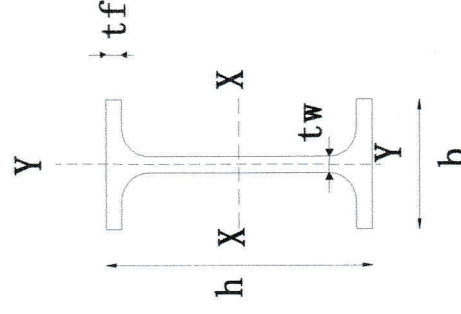
Sxx cal= Modulo seccional en XX calculado

h= Altura de la viga

b= ancho de la viga

tf= espesor de las alas

tw= espesor del alma



Prediseño de Vigas Principales
Cálculo de Módulo de Sección

Tipo de Viga	longitud m	Carga muerta ton/m2	Carga Viva ton/m2	W= 1.2 CM+1.6CV ton/m2	Area Coop m2	P ton/m	Ru ton-m	M		S cm3
								ton-m	kg-cm	
Vp1	6,88	0,435	0,25	0,922	15,32	2,05	7,06	8,10	809664,0	356,99
Vp2	6,88	0,435	0,25	0,922	17,85	2,39	8,23	9,43	943374,8	415,95
Vp3	6,88	0,435	0,25	0,922	22,75	3,05	10,49	12,02	1202340,4	530,13
Vp4	6,14	0,435	0,25	0,922	10,23	1,54	4,72	4,83	482504,8	212,74
Vp5	6,14	0,435	0,25	0,922	18,9	2,84	8,71	8,91	891431,1	393,05
Vp6	6,14	0,435	0,25	0,922	9,45	1,42	4,36	4,46	445715,6	196,52
Vp7	5,9	0,435	0,25	0,922	15,26	2,38	7,03	6,92	691614,6	304,94
Vp8	5,9	0,435	0,25	0,922	17,85	2,79	8,23	8,09	808998,7	356,70
Vp9	5,9	0,435	0,25	0,922	17,99	2,81	8,29	8,15	815343,8	359,50
Vp10	3,98	0,435	0,25	0,922	4,78	1,11	2,20	1,46	146139,8	64,44
Vp11	3,98	0,435	0,25	0,922	9,57	2,22	4,41	2,93	292585,4	129,01
Vp12	3,98	0,435	0,25	0,922	8,73	2,02	4,02	2,67	266903,9	117,68

Vigas a utilizar

Viga	h	bf	tf	tw	A	Ixx	Iyy	Sxx	Syy
	mm	mm	mm	mm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3
Vp0	320	150	10	8	54	9010,0	563,78	563,13	75,17
Vp1	300	120	8	8	41,92	5620,8	231,61	374,72	38,60
Vp2	150	100	8	8	26,72	967,8	133,91	129,04	26,78
Vp3	140,0	70	8,0	6,0	18,64	583,8	45,96	83,40	13,13
Vp4	220,0	120	8,0	6,0	31,44	2582,8	230,77	234,80	38,46
Vp5	200,0	120	8,0	6,0	30,24	2082,0	230,73	208,20	38,46

Comparacion de Modulos Seccionales

Viga	Sxx necesario	sxx cal	Dimensiones			
			h	bf	tf	tw
	cm3	cm3	mm	mm	mm	mm
Vp1	356,99	374,72	300	120	8	8
Vp3	530,13	563,13	320	150	10	8
Vp6	196,52	208,2	220	120	8	6
Vp10	64,44	83,4	140	70	8	6
Vp11	129,01	129,04	150	100	8	8

Comprobación de Vigas Sismicamente Compactas

FY= 36 Ksi

E= 29000 Ksi

Viga	h	bf	tf	tw	bf / 2 / tf	0.3(E/FY)^0.5	Observacion
	mm	mm	mm	mm			
Vp1	300	120	8	8	7,5	15,546	COMPACTA
Vp3	320	150	10	8	7,5	15,546	COMPACTA
Vp6	220	120	8	6	7,5	15,546	COMPACTA
Vp10	140,0	70	8,0	6,0	4,375	15,546	COMPACTA
Vp11	150,0	100	8,0	8,0	6,25	15,546	COMPACTA

Viga	h	bf	tf	tw	h/tw	2.45*(E/fy)^0.5	Observacion
	mm	mm	mm	mm			
Vp1	300	120	8	8	37,50	44,43	COMPACTA
Vp3	320	150	10	8	40,00	44,43	COMPACTA
Vp6	220	120	8	6	36,67	44,43	COMPACTA
Vp10	140,0	70	8,0	6,0	23,33	44,43	COMPACTA
Vp11	150,0	100	8,0	8,0	18,75	44,43	COMPACTA

**Prediseño de Vigas Secundarias
Cálculo de Módulo de Sección**

Tipo de Viga	longitud ud	Carga muerta ton/m2	Carga Viva ton/m2	W= 1.2CM+1.6CV ton/m2	Area Coop m2	P ton/m	Ru ton-m	M ton-m	M kg-cm	S cm3
	m									
Vs1	4,3	0,435	0,25	0,922	4,65	1,00	2,14	1,54	153595,7	67,72
Vs2	4,3	0,435	0,25	0,922	8,92	1,91	4,11	2,95	294639,5	129,91
Vs3	6,15	0,435	0,25	0,922	10,7	1,60	4,93	5,05	505494,6	222,88
Vs4	4,3	0,435	0,25	0,922	7,52	1,61	3,47	2,48	248395,6	109,52
Vs5	6,15	0,435	0,25	0,922	10,3	1,54	4,75	4,87	486597,6	214,55
Vs6	6,15	0,435	0,25	0,922	17,34	2,60	7,99	8,19	819184,7	361,19
Vs7	4,3	0,435	0,25	0,922	4,62	0,99	2,13	1,53	152604,7	67,29
Vs8	6,15	0,43484	0,25	0,922	15,67	2,3487	7,22	7,403	740289,7	326,41

Vigas a utilizar

Viga	h mm	bf mm	tf mm	tw mm	A cm2	Ixx cm4	Iyy cm4	Sxx cm3	Syy cm3
Vs1	140	80	8	6	20,24	653,6	68,49	93,37	17,12
Vs2	160	100	8	6	24,64	1074,3	133,59	134,29	26,72
Vs3	220	120	8	6	31,44	2582,8	230,77	234,80	38,46
Vs6	260,0	120	10,0	10,0	48	4904,0	290,00	377,23	48,33

Comparacion de Modulos Seccionales

Viga	Sxx neces	Sxx cal	dimensiones			
			h	bf	tf	tw
	cm3	cm3	mm	mm	mm	mm
Vs1	67,72	93,3688	220	120	8	6
Vs2	129,9	134,289	160	100	8	6
Vs3	222,9	234,802	140	80	8	6
Vs6	361,2	377,231	260	120	10	10

Comprobación de Vigas Sismicamente Compactas

FY= 36 Ksi

E= 29000 Ksi

Viga	h	bf	tf	tw	bf / 2 / tf	0.3(E/FY)^0.5	Observacion
	mm	mm	mm	mm			
Vs1	220	120	8	6	5,0	16	COMPACTA
Vs2	160	100	8	6	6,3	16	COMPACTA
Vs3	140	80	8	6	7,5	16	COMPACTA
Vs6	260	120	10	10	6,0	16	COMPACTA

Viga	h	bf	tf	tw	h/tw	2.45*(E/fy)^0.5	Observacion
	mm	mm	mm	mm			
Vs1	220	120	8	6	23,3	44,43	COMPACTA
Vs2	160	100	8	6	26,7	44,43	COMPACTA
Vs3	140	80	8	6	36,7	44,43	COMPACTA
Vs6	260	120	10	10	26,0	44,43	COMPACTA

Prediseño de Viguetas
Calculo de Modulo de Seccion

Tipo de Viga	longitud	Carga muerta	Carga Viva	W= 1.2CM+1.6CV	Area Coop	P	Ru	M	M	S
	m	ton/m2	ton/m2	ton/m2	m2	ton/m	ton-m	ton-m	kg-cm	cm3
Vg1	4,3	0,435	0,25	0,922	5,38	1,15	2,48	1,78	177708,6	78,35
Vg2	6,15	0,435	0,25	0,922	7,93	1,19	3,65	3,75	374632,9	165,18

Viguetas a utilizar

Viga	h	bf	tf	tw	A	Ixx	Iyy	Sxx	Syy
	mm	mm	mm	mm	cm2	cm4	cm4	cm3	cm3
Vg1	150	100	5	5	17	640,2	83,48	85,36	16,70
Vg2	220	100	6	6	24,48	1824,2	100,37	165,84	20,07

Comparacion de Modulos Seccionales

Viga	Sxx neces	sxx cal	dimensiones			
			h	bf	tf	tw
	cm3	cm3	mm	mm	mm	mm
Vg1	78,35	85,3556	150	100	5	5
Vg2	165,2	165,835	220	100	6	6

Comprobación de Viguetas Sismicamente Compactas

FY=

36 Ksi

E=

29000 Ksi

Viga	h	bf	tf	tw	bf / 2 / tf	0.3(E/FY) ^{0.5}	Observacion
	mm	mm	mm	mm			
Vg1	150	100	5	5	10,0	16	COMPACTA
Vg2	220	100	6	6	8,3	16	COMPACTA

Viga	h	bf	tf	tw	h/tw	2.45*(E/fy) ^{0.5}	Observacion
	mm	mm	mm	mm			
Vg1	150	100	5	5	30,0	44.43	COMPACTA
Vg2	220	100	6	6	36,7	44.43	COMPACTA

ANEXO N°4

Detalle de Pesos de Elementos de Acero Estructural.

Anexo 4

Detalle de Pesos de Elementos Estructurales Estructura Convencional Peso del Hormigón

Columna	Espesor de tubo	Base	Altura	Longitud	Area	Volumen	Peso (kg)	Peso (ton)	# col	Total (ton)
col1	0,0018	0,4	0,55	2,7	0,217	0,585	10746,62	10,7466	4	42,99
col2	0,001	0,2	0,2	2,7	0,039	0,106	1945,173	1,94517	3	5,84
col3	0,0018	0,4	0,55	3	0,217	0,650	11940,69	11,9407	4	47,76
col4	0,0012	0,4	0,55	3	0,218	0,653	12003,14	12,0031	8	96,03

NIVEL	PLANTA	AREA	PESOS					PESO TOTAL
			COLUMNAS		VIGAS			
		m2	Col con Hormigón (ton)	Col sin Hormigón (ton)	kg	ton	kg	kg/m2
1	parqueadero	550,6	64,97	13,27	13274,34	18,38	18376,55	57,48
2	oficinas	550,6	64,97	13,27	13274,34	19,69	19690,01	59,87
3	oficinas	550,6	64,97	13,27	13274,34	18,50	18503,91	57,72
4	oficinas	550,6	64,97	13,27	13274,34	19,36	19359,70	59,27
5	terrazza accesible	550,6	64,97	13,27	13274,34	13,43	13425,24	48,49
6	tapa grada	20,6	9,69	3,32	3315,88	0,49	486,97	76,06
							PROM	56,57

Estructura con disipadores Peso del Hormigón

Columna	Espesor de tubo	Base	Altura	Longitud	Area	Volumen	Peso (kg)	Peso (ton)	# col	Total (ton)
col1	0,0015	0,25	0,25	2,7	0,061	0,165	395,3383	0,39534	4	1,58
col2	0,0015	0,25	0,25	2,7	0,061	0,165	395,3383	0,39534	3	1,19
col3	0,0018	0,3	0,3	3	0,088	0,264	632,5413	0,63254	18	11,39
col4	0,0015	0,25	0,25	3	0,061	0,183	439,2648	0,43926	15	6,59

NIVEL	PLANTA	AREA	PESOS						Dispositivo y diagonales		PESO TOTAL
			COLUMNAS		VIGAS						
			Col con Hormigón (ton)	Col sin Hormigón (ton)	kg	ton	kg	ton	kg	kg/m2	
1	parqueadero	550,6	27,8342	27,8342	27834,2	15,2255	15225,5	4,9551	4955,1	54,56	
2	oficinas	550,6	27,8342	27,8342	27834,2	14,2292	14229,2	4,9551	4955,1	52,75	
3	oficinas	550,6	27,8342	27,8342	27834,2	14,2664	14266,4	4,9551	4955,1	52,82	
4	oficinas	550,6	27,8342	27,8342	27834,2	14,0017	14001,7	4,9551	4955,1	52,34	
5	terrazza accesible	550,6	27,8342	27,8342	27834,2	12,8189	12818,9	4,9551	4955,1	50,19	
6	tapa grada	20,6	4,2853	4,2853	4285,3	0,5343	534,3	0	0	48,86	
								PROM		52,53	